



Universidad
Carlos III de Madrid

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROYECTO FIN DE CARRERA

SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN PARA LA EVACUACIÓN DE ENERGÍA DE DOS PLANTAS TERMOSOLARES

Autor: Álvaro Barrios San José

Tutor: M^a Ángeles Moreno López de Saa

Leganés, 29 Octubre de 2015.

AGRADECIMIENTOS

Los resultados de este proyecto, están dedicados, a todas aquellas personas que, de alguna forma, son parte de su culminación.

Se lo dedico a mis padres, ellos han sido un gran apoyo en mi educación universitaria, ya que sin ellos no hubiese logrado mis metas y logros.

A mis hermanos, un ejemplo a seguir por enseñarme a seguir aprendiendo todos los días sin importar las circunstancias.

A mi mujer María, la persona responsable de la finalización de este proyecto después de tanto tiempo, siempre ha estado a mi lado tanto en los buenos como malos momentos y sin su ayuda no lo hubiese logrado.

A mis compañeros de universidad y ahora amigos por todos los momentos inolvidables juntos.

A mi tutora, M^a Ángeles, por darme el conocimiento y la orientación adecuada para la culminación de este proyecto.



ÍNDICE

1.	MEMORIA DESCRIPTIVA.....	11
1.1.	INTRODUCCIÓN	11
1.2.	OBJETO DEL PROYECTO	15
1.3.	PARTES QUE COMPRENDE.....	15
1.4.	EMPLAZAMIENTO	16
1.5.	NORMATIVA Y RECOMENDACIONES APLICADAS	16
1.6.	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	17
1.6.1.	CONFIGURACION DE LA SUBESTACIÓN	20
1.6.2.	CONDICIONES AMBIENTALES.....	21
1.6.3.	AISLAMIENTO.....	22
1.6.4.	DISTANCIAS MINIMAS.....	22
1.6.5.	INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO	23
1.6.6.	DATOS DEL TERRENO A EFECTO DE RED DE TIERRAS	23
1.6.7.	RESUMEN DE DATOS BÁSICOS DE DISEÑO	24
1.7.	SISTEMA 220 KV	24
1.7.1.	EMBARRADO 220 KV.....	25
1.7.2.	TRANSFORMADOR DE POTENCIA.....	25
1.7.3.	AUTOVALVULAS.....	28
1.7.4.	SECCIONADORES	30
1.7.5.	INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS.....	34
1.7.6.	TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD	37
1.7.7.	TRANSFORMADOES DE TENSIÓN.....	40
1.7.8.	CONEXIONES ENTRE APARATOS	41
1.8.	SISTEMA DE 20 KV	42
1.8.1.	EMBARRADO DE 20 KV.....	43
1.8.2.	CELDAS SALIDA DE 20 KV	43
1.8.3.	TRANSFORMADOR DE SERVICIOS AUXILIARES.....	46



1.9. SISTEMAS AUXILIARES.....	49
1.9.1. CORRIENTE ALTERNA.....	49
1.9.2. CORRIENTE CONTÍNUA.....	49
1.10. SISTEMA DE MANDO, MEDIDA, PROTECCIÓN Y CONTROL	50
1.10.1.FUNCIONES DE PROTECCIÓN Y CONTROL.....	50
1.10.2.FUNCIONES DE MANDO, MEDIDA Y SEÑALIZACIÓN	53
1.11. SISTEMA DE MEDIDA DE ENERGIA PARA FACTURACIÓN.....	54
1.12. INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN	54
1.12.1.CLASIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN	54
1.12.2.NIVELES DE TENSIÓN EMPLEADOS.....	55
1.12.3.ALIMENTACIÓN.....	56
1.12.4.CUADRO DE SERVICIOS AUXILIARES	56
1.12.5.CANALIZACIONES ELÉCTRICAS EMPLEADAS	56
1.12.6.INSTALACIÓN DEL ALUMBRADO INTERIOR.....	57
1.12.7.INSTALACIÓN ALUMBRADO EXTERIOR.....	57
1.12.8.ALUMBRADO DE EMERGENCIA.....	58
1.12.9.TOMAS DE CORRIENTE	58
1.13. DESCRIPCIÓN DE LA SUBESTACIÓN Y ACTUACIONES OBRA CIVIL	58
1.13.1.ACCESO A LA SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN	58
1.13.2.PARQUE INTEMPERIE.....	58
1.13.3.ACONDICIONAMIENTO DE LA PARCELA.....	59
1.13.4.CIMENTACIONES PARQUE INTEMPERIE.....	59
1.14. RED DE TIERRAS	60
1.14.1.RED DE TIERRAS SUBTERRANEA	60
1.14.2.RED DE TIERRAS AÉREA	61
1.15. CANALIZACIONES DE PARQUE	61
1.15.1.CANALIZACIONES DE CONTROL.....	61
1.16. TERMINACIÓN SUPERFICIAL.....	62
1.17. CERRAMIENTO PERIMETRAL	62
1.18. DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES	62



1.18.1.DRENAJE DE AGUAS INTERIORES	62
1.18.2.DRENAJE DE AGUAS EXTERIORES	62
1.19. EDIFICIO	63
1.19.1.CANALIZACIÓN DE CABLES.....	63
1.19.2.INSTALACIONES INTERIORES.....	64
1.20. MONTAJE ELECTROMECAÁNICO	64
1.20.1. ESTRUCTURA METÁLICA	64
1.20.2.CAJAS DE CENTRALIZACIÓN	65
1.21. NORMATIVA PREVENCIÓN DE INCENDIOS	65
1.21.1.PARQUE INTEMPERIE.....	65
1.21.2.INSTALACIÓN INTERIOR	65
2. CÁLCULOS	67
2.1. INTRODUCCIÓN, CAUSAS Y CONSECUENCIAS DEL CORTOCIRCUITO	67
2.2. GENERALIDADES	69
2.3. ESQUEMA UNIFILAR Y LOCALIZACION DE FALTAS	69
2.4. CÁLCULOS POR UNIDAD	70
2.5. CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO	71
2.5.1. CÁLCULO DE REACTANCIAS POR UNIDAD	71
2.5.2. ESQUEMA DE IMPEDANCIAS POR UNIDAD	74
2.5.3. POTENCIAS DE CORTOCIRCUITO	77
2.5.4. CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO	78
2.6. DIMENSIONADO Y ELECCIÓN DE INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS.....	81
2.6.1. ELECCIÓN DE INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS	81
2.7. DIMENSIONADO Y ELECCIÓN DE CONDUCTORES	88
2.7.1. ELECCIÓN DE CONDUCTORES.....	88
2.8. CÁLCULO CADENA DE AISLADORES	98
2.9. DIMENSIONADO Y ELECCIÓN DE SECCIONADORES	102
2.10. DIMENSIONADO Y ELECCIÓN DE AUTOVALVULAS.....	103
2.11. DIMENSIONADO Y ELECCION DE TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD.....	106
2.12. DIMENSIONADO Y ELECCIÓN DEL TRANSFORMADOR DE TENSION	108



SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN 220/20 KV PARA LA EVACUACIÓN DE ENERGÍA DE DOS PLANTAS TERMOSOLARES

Álvaro Barrios San José

2.13. DIMENSIONADO Y ELECCION TRANSFORMADOR SERVICIOS AUXILIARES ...	110
2.14. DIMENSIONADO Y ELECCION DE CELDAS 20 KV	111
2.15. CÁLCULO DISTANCIAS DE SEGURIDAD.....	113
2.16. CÁLCULO DE PUESTA A TIERRA.....	116
2.16.1. CONSIDERACIONES DEL CÁLCULO	118
2.16.2. DATOS DE PARTIDA	119
2.16.3. TENSIONES DE PASO Y DE CONTACTO REALES.....	122
2.16.4. TENSIONES DE PASO Y CONTACTO ADMISIBLES.....	126
2.16.5. RESISTENCIA DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA	126
3. PRESUPUESTO SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN 220/20 KV	129
3.1. RESUMEN PRESUPUESTO SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN	145
4. BIBLIOGRAFÍA.....	148
5. RESUMEN PLANOS.....	151



ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Centrales termosolares y subestación de transformación 220/20 kV.	11
Ilustración 2. Subestación AIS ("Air Insulated Switchgear").	12
Ilustración 3. Subestaciones GIS ("Gas Insulated Switchgear").	13
Ilustración 4. Subestación híbrida HIS ("Hybrid Insulated Switchgear").	14
Ilustración 5. Localización subestación de transformación 220/20 kV.	16
Ilustración 6. Configuración unifilar simplificado de la subestación 220/20kV.	20
Ilustración 7. Autoválvula Tridelta SB 198 (A) y SB 18 (B).	30
Ilustración 8. Seccionador de cuchillas giratorias.	31
Ilustración 9. Seccionador de cuchillas deslizantes.	32
Ilustración 10. Seccionador de columna giratoria central.	32
Ilustración 11. Seccionador columna giratoria central y cuchillas puestas a tierra.	33
Ilustración 12. Ejemplo de interruptor SF ₆	36
Ilustración 13. Transformador de intensidad Artech CA 245.	38
Ilustración 14. Celda Siemens 8DA10.	43
Ilustración 15. Ejemplo de celda de línea convencional.	44
Ilustración 16. Ejemplo de celda de protección convencional.	44
Ilustración 17. Ejemplo de celda de transformador convencional.	45
Ilustración 18. Ejemplo transformador servicios auxiliares.	47
Ilustración 19. Esquema unifilar y localización de faltas.	70
Ilustración 20. Esquema equivalente de impedancias y faltas.	74
Ilustración 21. Localización interruptores automáticos.	81
Ilustración 22. Conductor 54 hilos aluminio + 7 de acero.	89
Ilustración 23. Aislador normalizado U210B.	100
Ilustración 24. Tensión de contacto y tensión de paso.	117



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla niveles de aislamiento.	22
Tabla 2. Tabla de distancias mínimas.	23
Tabla 3. Datos básicos de diseño.	24
Tabla 4. Reactancias equivalentes.	74
Tabla 5. Reactancias equivalentes en los puntos de cortocircuito.	77
Tabla 6. Reactancias equivalentes y potencias de cortocircuito.	78
Tabla 7. Corrientes permanentes de cortocircuito.	79
Tabla 8. Corriente máxima de choque.	80
Tabla 9. Capacidad de ruptura.	84
Tabla 10. Capacidad de conexión.	85
Tabla 11. Capacidad de ruptura y conexión.	85
Tabla 12. Corriente de desconexión.	86
Tabla 13. Corrientes nominales.	87
Tabla 14. Elección de interruptores automáticos.	87
Tabla 15. Comparación intensidades de cortocircuito seccionador Alstom GL314.	88
Tabla 16. Características del conductor.	89
Tabla 17. Densidad de corriente máxima por sección.	90
Tabla 18. Coeficientes de reducción según el número de hilos.	91
Tabla 19. Tensiones soportadas según (IEC 305).	101
Tabla 20. Comprobación de la validación del aislador.	101
Tabla 21. Comparación intensidades de cortocircuito seccionador Alstom SG3C.	103
Tabla 22. Comparación intensidades cortocircuito autoválvulas Tridelta SB198 y SB18. .	106



Tabla 23. Comparación intensidad cortocircuito transformador intensidad Artech CA245.	108
Tabla 24. Comparación intensidad cortocircuito transformador intensidad Artech UTF245.	109
Tabla 25. Comparación intensidad cortocircuito transformador servicios aux Imefy 100C.	111
Tabla 26. Comparación intensidad cortocircuito celdas de 20 kV Siemens 8DA10.....	113
Tabla 27. Coeficiente según el ángulo de oscilación con el viento.....	114
Tabla 28. Distancias mínimas entre los conductores de 220 kV.....	115
Tabla 29. Selección del conductor a instalar.	120
Tabla 30. Tensión de paso y contacto reales.....	125
Tabla 31. Admisibilidad de las tensiones de paso y contacto calculadas.....	126



GLOSARIO

I

- IEC

Comisión Electrotecnica Internacional17, 28, 104, 106, 110

- ITC

Instrucciones técnicas complementarias 17, 103, 104, 105, 106, 121, 130

M

- MIE-RAT

Ministerio Industria y Energía - Reglamento alta tensión.....17, 23, 24, 64, 65, 118, 121,
123, 124, 125, 130, 131

N

- NCSR

Norma de construcción sismorresistente.....21

R

- R.L.A.T.

Reglamento líneas de alta tensión 21, 92, 95

- REE

Red Eléctrica de España 17, 89, 95, 97, 107, 112, 114, 124

S

- SF₆

Gas hexafluoruro de azufre.....12, 13, 18, 36, 42, 84, 116

U

- UNE-EN

Una Norma Española - Norma Europea 17, 25, 57



*SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN 220/20 KV PARA LA EVACUACIÓN DE ENERGÍA DE DOS
PLANTAS TERMOSOLARES*

Álvaro Barrios San José



1. MEMORIA DESCRIPTIVA



1. MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1. INTRODUCCIÓN

Se está promoviendo la construcción de dos centrales termosolares en la comarca de Olivenza el término municipal de Torre de Miguel Sesmero y a diez kilómetros de la Albuera, en la provincia de Badajoz.

Las centrales termosolares como se muestra en la ilustración 1, ocupan un terreno de 1200 hectáreas con una tecnología cilindroparabólica con colectores y generan una potencia de 40 MW cada una. La idoneidad de la ubicación viene determinada por la disponibilidad de aguas de refrigeración provenientes del embalse de Nogales y el río Guadiana, los accesos cercanos a la carretera N-432, la disposición de un terreno llano sin protección por causas medioambientales y la construcción anexa de la subestación de transformación 220/20 kV.



Ilustración 1. Centrales termosolares y subestación de transformación 220/20 kV.



Al objeto de permitir la evacuación de la energía generada por estas instalaciones se hace necesario la construcción anexa de una subestación de transformación 220/20 kV, para conectarse a la red de transporte.

En la actualidad existen dos tecnologías de subestaciones predominantes y completamente diferentes. La diferencia entre ellas radica en el tipo de aislamiento utilizado por la aparatación. Así se tienen las subestaciones aisladas en aire y las aisladas en SF₆ (hexafluoruro de azufre) y, como punto intermedio, se puede hablar de las subestaciones híbridas, las cuales presentan características comunes a ambas tecnologías.

Subestaciones AIS ("Air Insulated Switchgear")

Son las más utilizadas tradicionalmente. La aparatación, los cables y los embarrados están a la intemperie, por lo que cada dispositivo se encuentra de manera individual y separada del resto. Los tamaños de los dispositivos y embarrados son en general mayores debido a que las distancias de seguridad también deben serlo.



Ilustración 2. Subestación AIS ("Air Insulated Switchgear").



Subestaciones GIS ("Gas Insulated Switchgear")

La tecnología AIS requiere una gran superficie para ser implantada y dado el rápido crecimiento de algunas zonas urbanas no siempre es posible disponer de él. Para reducir el espacio total de la instalación y optimizar la superficie disponible surge la tecnología GIS, como se muestra en la ilustración 3.

El sistema GIS reduce considerablemente el espacio requerido por los equipos eléctricos (un 60% menos de espacio requerido), mejoran la estética de la instalación y minimizan la probabilidad de averías relacionadas con la exposición de las partes energizadas al medioambiente.

Los dispositivos se encuentran encapsulados por lo que los tamaños son menores, pero se han de cumplir otros requisitos como la presión del gas, sellado de las cámaras, etc.

El gas empleado en el aislamiento de subestaciones GIS es el hexafluoruro de azufre o SF₆, que es un gas artificial incoloro, inodoro, no combustible y químicamente muy estable, por lo que a temperatura ambiente no reacciona con ninguna otra sustancia.



Ilustración 3. Subestaciones GIS ("Gas Insulated Switchgear").



Subestación híbrida HIS ("Hybrid Insulated Switchgear")

Este tipo de subestación modular presenta características de las tecnologías AIS y GIS. Los embarrados siguen estando aislados en aire pero la aparamenta viene integrada en un compartimento aislado en gas, lo que le permite compactar las fases de una subestación de intemperie, como se puede ver en la ilustración 4.



Ilustración 4. Subestación híbrida HIS ("Hybrid Insulated Switchgear").

En nuestro caso particular la subestación de transformación instalada es de tecnología tipo AIS por los siguientes motivos:

- No existen localizaciones urbanas cercanas.
- Gran disponibilidad de terreno para su construcción.
- Posibles ampliaciones de la subestación gracias a la disponibilidad de terreno.
- Condiciones ambientales adecuadas y sin polución.
- Reducción del costo de construcción y mantenimiento.



1.2. OBJETO DEL PROYECTO

El presente Proyecto tiene como objeto la descripción de la subestación de transformación 220/20 kV y dos posiciones de transformador de 40MVA cada una, que formará parte de las instalaciones necesarias para la evacuación de la energía producida por las plantas termosolares mencionadas.

En el orden técnico su finalidad es la de informar de las características de la instalación proyectada, así como mostrar su adaptación a lo establecido en el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, aprobado por Real Decreto 3275/1982 de 12 de noviembre, Instrucciones Técnicas Complementarias y demás normativa.

El alcance de este proyecto queda limitado a la definición y justificación de las nuevas instalaciones necesarias para la construcción y correcto funcionamiento de la subestación.

1.3. PARTES QUE COMPRENDE

Los capítulos en los que consta el proyecto son:

- Memoria descriptiva: en la que se define la instalación, detallando su realización, partes que comprende y los equipos a instalar con sus características.
- Cálculos eléctricos: donde se justifica el dimensionado de la aparamenta y los distintos cálculos de corrientes de cortocircuito y puesta a tierra de la instalación.
- Presupuesto: detalla los costes de todos los equipos del proyecto, así como su instalación.
- Planos: son los suficientes en número y detalle, para dar una idea clara de la instalación, las partes de que se compone y la aparamenta instalada.



1.4. EMPLAZAMIENTO

La instalación objeto del presente proyecto se ubicará anexa a la plantas termosolares del término municipal de Torre de Miguel Sesmero, en la provincia de Badajoz, ocupando una superficie total de 13.436 m², como se ve en la ilustración 5.

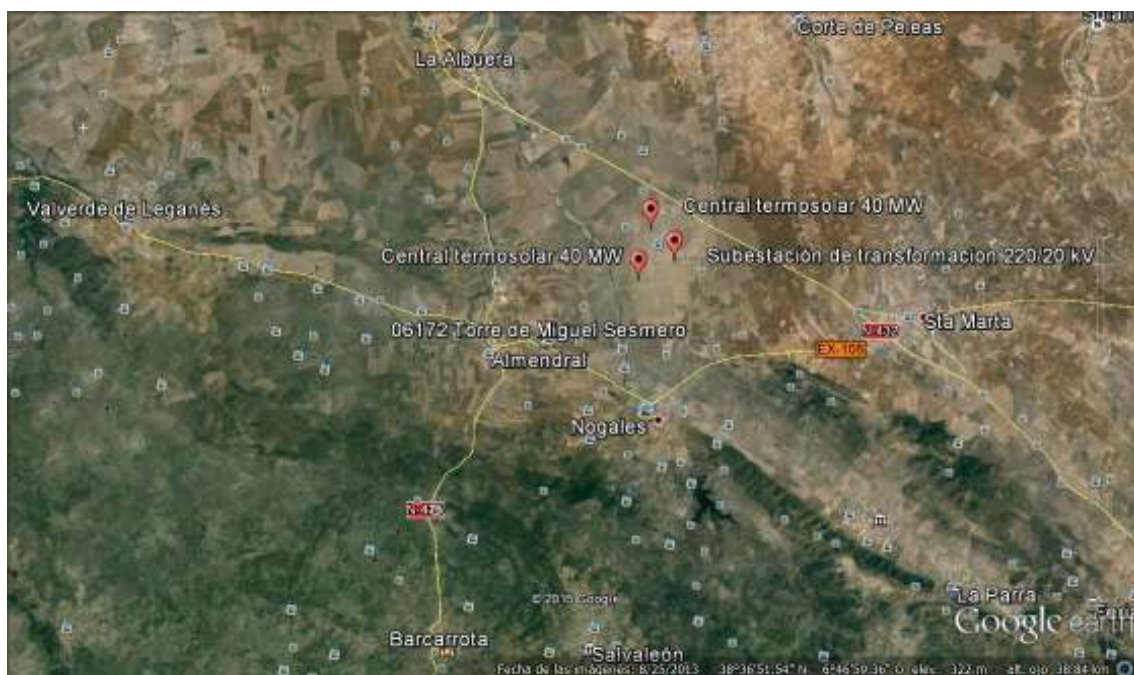


Ilustración 5. Localización subestación de transformación 220/20 kV.

1.5. NORMATIVA Y RECOMENDACIONES APLICADAS

En la elaboración del proyecto se han tenido en cuenta los Reglamentos, Normas e Instrucciones Técnicas siguientes en su edición vigente:

- R.D. 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones eléctricas.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de Puntos de Medida del sistema eléctrico.



- Orden de 12 de abril de 1999 por la que se dictan las instrucciones técnicas complementarias al Reglamento de Puntos de Medida de los Consumos y Tránsitos de Energía Eléctrica.
- Instrucciones y Normas compañía Suministradora-Distribuidora.
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en Centrales Eléctricas y Centros de Transformación y sus Instrucciones Técnicas complementarias MIE-RAT.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, según R.D. 842/2002.
- Instrucciones Técnicas complementarias ITC-BT.
- Guía Técnica de Aplicación del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, editada por el Ministerio de Ciencia y Tecnología.
- Reglamento de líneas aéreas.
- Normas UNE-EN.

A aquellos aspectos no cubiertos por la Legislación Nacional, se les aplicarán las recomendaciones IEC, o la de los países de origen de los equipos en caso de ser importados, así como otros estándares internacionales de reconocido prestigio que les sean de aplicación.

Serán también de aplicación las características técnicas, de carácter exigible, reflejadas en la edición vigente del documento elaborado por REE: "Instalaciones conectadas a la red de transporte: Requisitos mínimos de diseño y equipamiento".

1.6. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

La subestación transformadora es la encargada de evacuar la energía producida por las centrales termosolares. Para ello, dispondrá de dos posiciones transformadoras de 40 MVA cada una 220/20 kV y dos posiciones de línea de 220 kV con la que conectará a la red de



transporte de REE. La tecnología utilizada será de intemperie o tipo AIS (Air Insulated system) con aparamenta convencional.

El sistema de media tensión de 20 kV utilizaremos aparamenta de intemperie para la protección del lado de los transformadores, así como celdas aisladas en SF6 para la protección de los circuitos provenientes de las centrales termosolares y sus barras de reparto.

Cada posición, tanto de 220 kV como de 20 kV, la formará una serie de elementos de protección y medida que describiremos a continuación:

Sistema de 220 kV

Dos posiciones de transformador, cada una de ellas formada por los siguientes elementos:

- Un seccionador trifásico de barras.
- Juego de tres transformadores de intensidad.
- Tres interruptores automáticos monofásicos con accionamiento tripolar.
- Juego de tres pararrayos autoválvulas de protección de transformador.
- Un transformador 220/20 kV de 40 MVA.

Dos posiciones de línea 220 kV formada por los siguientes elementos:

- Un seccionador trifásico de barras.
- Juego de tres transformadores de intensidad.
- Tres interruptores automáticos monofásicos con accionamiento unipolar
- Un seccionador de línea con cuchillas de puesta a tierra.
- Juego de tres transformadores de tensión de línea.
- Juego de tres pararrayos autoválvulas de protección de línea.

Barras 220 kV

- Juego de tres transformadores de tensión de barras.
- Embarrado.



Sistema de 20 kV

Intemperie

Cada una de las posiciones de transformador tendrá asociada los siguientes elementos en su lado de conexión con el sistema de 20 kV interior:

- Juego de tres pararrayos autoválvulas de protección.
- Embarrado de doble barra.
- Reactancia de puesta a tierra.

Interior

Para la posición correspondiente al transformador 1 (T1), estará formado por los siguientes elementos:

- Una celda de protección de transformador.
- Cinco celdas de protección de salida de línea de 20 kV.
- Celda posición de medida de barras.
- Celda posición Servicios Auxiliares.
- Transformador de Servicios Auxiliares de 250 kVA.
- Batería de Condensadores.
- Celda de acoplamiento transversal.

Para la posición correspondiente al transformador 2 (T2), estará formado por los siguientes elementos:

- Una celda de protección de transformador.
- Cinco celdas de protección de salida de línea de 20 kV.
- Celda posición de medida de barras.
- Celda posición Servicios Auxiliares.
- Transformador de Servicios Auxiliares de 250 kVA.



1.6.1. CONFIGURACION DE LA SUBESTACIÓN

Para el diseño de la subestación se ha escogido una configuración en simple barra de 220 kV repartidora, como se muestra en la ilustración 6.

Es el esquema más simple y económico, conformado por una sola barra continua a la cual se conectan directamente los diferentes tramos de la subestación.

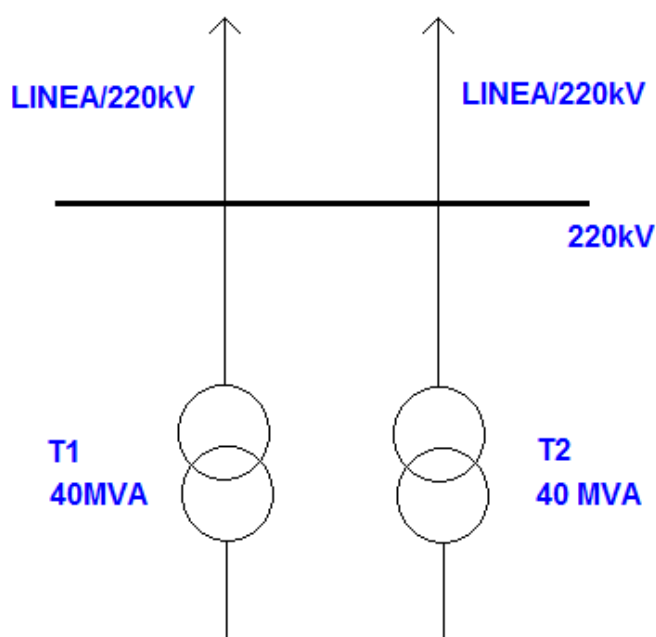


Ilustración 6. Configuración unifilar simplificado de la subestación 220/20kV.

VENTAJAS

- Instalación simple.
- Operación sencilla.
- Costo reducido.
- Conexiones sencillas a los aparatos.
- Proyecto eléctrico simple.
- Coordinación de protecciones sencilla.



DESVENTAJAS

- Falta de seguridad y continuidad en la operación.
- Ante un fallo en barras, se interrumpe todo el sistema.
- Durante el mantenimiento de equipos se elimina la salida.
- No se puede alimentar las salidas independientemente.
- No se puede ampliar la subestación sin ponerla fuera de servicio.

Por todo ello, se ha adoptado esta configuración en simple barra muy habitual para instalaciones de generación.

1.6.2. CONDICIONES AMBIENTALES

Las condiciones ambientales del emplazamiento son las siguientes:

- | | |
|---------------------------------------|--------------------|
| • Altura media sobre el nivel del mar | + 328 m. |
| • Tipo de Zona | A (según R.L.A.T.) |
| • Temperaturas extremas | +40 °C/ -15°C |
| • Contaminación ambiental | Baja |
| • Nivel de niebla | Bajo |
| • Coeficiente sísmico básico | 0,05 g |

Para el cálculo de la sobrecarga del viento, se considerará viento horizontal con velocidad de 140 km/h.

La subestación se encuentra por debajo de los 500 m sobre el nivel del mar, con lo que se adoptarán sobrecargas correspondientes a Zona A.

Respecto a las acciones sísmicas, se tendrán en cuenta en el diseño, dado que la norma NCSR-02 contempla la necesidad de su aplicación en construcciones de especial importancia, como esta, cuando la aceleración sísmica básica sea superior o igual a 0,04 g, siendo en este caso de 0,05 g.



1.6.3. AISLAMIENTO

Los materiales que se emplearán en esta instalación serán adecuados y tendrán las características de aislamiento más apropiadas a su función.

Los niveles de aislamiento que se han adoptado, tanto para los aparatos, excepto el transformador, como para las distancias en aire, y según vienen especificados en el “Reglamento sobre centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación”, son los siguientes:

En 220 kV, que corresponde a un valor normalizado de tensión más elevada para el material de 245 kV, se adopta un nivel de aislamiento nominal de 1050 kV de cresta a impulso tipo rayo y 460 kV eficaces a frecuencia industrial durante un minuto.

En 20 kV, que corresponde a un valor normalizado de tensión más elevada para el material de 24 kV, se adopta el nivel de aislamiento nominal máximo, que soporta 145 kV de cresta a impulso tipo rayo y 50 kV eficaces a frecuencia industrial durante un minuto.

Tensión nominal U_n (kV)	Tensión más elevada de la red U_s (kV)	Tensión normalizada soportada de corta duración a frecuencia industrial (kV valor eficaz)	Tensión normalizada soportada a los impulsos tipo rayo (kV valor cresta)
220	245	460	1050
20	24	50	145

Tabla 1. Tabla niveles de aislamiento.

1.6.4. DISTANCIAS MINIMAS

El vigente “Reglamento sobre centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación” en el apartado 3 de la MIE-RAT 12, especifica las normas a seguir para la fijación de las distancias mínimas a puntos de tensión.

Las distancias, en todo caso, serán siempre superiores a las especificadas en dicha norma las cuales se recogen en la siguiente tabla:

Para una altitud de instalación inferior a 1.000 m.



Tensión nominal (kV)	Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo	Distancia mínima fase-tierra (cm)	Distancia mínima entre fases (cm)
220	1050	210	350
20	145	27	27

Tabla 2. Tabla de distancias mínimas.

En el sistema de 20 kV de interior, se utilizan cables subterráneos apantallados y celdas prefabricadas normalizadas por el fabricante, habiendo superado los ensayos de tipo correspondientes y siendo sometidas a ensayos específicos en cada suministro.

1.6.5. INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO

A efectos de cálculo de esfuerzos térmicos y dinámicos de cortocircuito, se considerará los siguientes valores:

- Intensidad de defecto a tierra: 14,43 kA (véase cálculos)
- Duración del defecto: 0,5 seg.
- Tipo de electrodo: malla
- Material del conductor: cobre desnudo 95 mm²

Las tensiones de paso estarán por debajo de valores admitidos en la MIE-RAT 13.

1.6.6. DATOS DEL TERRENO A EFECTO DE RED DE TIERRAS

A efectos de cálculo se considerará una resistividad del terreno de 100 $\Omega \cdot m$ que previamente se ha analizado con equipos de medida en el terreno donde se va a construir la subestación.



1.6.7. RESUMEN DE DATOS BÁSICOS DE DISEÑO

La aparamenta a instalar cumple con los siguientes valores mínimos para cada uno de los niveles de tensión aplicables en la instalación:

<i>Nivel de tensión</i>	<i>20 kV</i>	<i>220 kV</i>
<i>Tensión nominal (kV)</i>	20	220
<i>Tensión más elevada para el material (kV ef.)</i>	24	245
<i>Frecuencia nominal (Hz)</i>	50	50
<i>Tensión soportada impulso tipo rayo (kV cresta)</i>	145	1.050
<i>Tensión soportada 1 min. 50 Hz (kV)</i>	50	460

Tabla 3. Datos básicos de diseño.

1.7. SISTEMA 220 KV

El sistema en el nivel de 220 kV está compuesto por elementos localizados en el parque exterior, en configuración de simple barra.

Los elementos principales que constituyen este sistema son: transformador de potencia, autoválvulas, transformadores de intensidad, transformadores de tensión, seccionadores e interruptores automáticos.

La selección de estos elementos se realiza conforme a las características propias de la instalación, para la correcta operación tanto en condiciones normales como en situaciones de funcionamiento anormalmente extremas.

La disposición espacial de la aparamenta se realizará de acuerdo a la reglamentación vigente y a otras consideraciones prácticas con objeto de facilitar las operaciones requeridas durante el montaje, mantenimiento, así como las posibles futuras ampliaciones de la subestación.

Todos los elementos que constituyen la aparamenta de las distintas posiciones tendrán características similares, salvo que se indiquen expresamente las diferencias existentes.



Todo objetivo de un transformador es transformar las tensiones de entrada en tensiones de salida de otra magnitud. Dentro de la subestación nos encontramos con dos transformadores de potencia 40 MVA.

1.7.1. EMBARRADO 220 KV

La conexión del equipo principal de la subestación de transformación se hará con un juego de barra simple ya que es una instalación simple, operación sencilla, conexiones sencillas a los aparatos y una coordinación de protecciones sencilla, lo que hace que tenga un coste reducido.

El embarrado estará formado por un cable tipo 337-AL1/44 ST1A (LA-380) (Al-Ac) soportado por medio de portes metálicos a la altura adecuada y sustentados por su correspondiente cadena de aisladores (véase cálculos apartado 2.8).

1.7.2. TRANSFORMADOR DE POTENCIA

La construcción de los transformadores para la distribución de energía dependerá de las condiciones particulares de la operación:

- De acuerdo con el tipo de instalación que requiera, transformadores de interior o preparados para su trabajo en intemperie.
- De acuerdo con el tipo de aislante.

La subestación dispone de dos transformadores de potencia 40 MVA respectivamente, reduciendo la tensión de entrada de 220 kV, a una tensión de salida de 20 kV. Estos transformadores serán de baño de aceite y preparados para un servicio en la intemperie.

Las características de transformador ABB de 40 MVA se muestra a continuación:



TRANSFORMADOR DE 40 MVA

- Datos generales

- Marca ABB
- Numero de fases Unidad trifásica
- Frecuencia 50 Hz
- Normas UNE-EN 60076
- Refrigeración ONAN/ONAF
- Altitud < 1000 m.n.m
- Temperatura ambiente máxima 45°C
- Líquido refrigerante Aceite
- Tipo de instalación Exterior
- Valor de reactancia de cortocircuito 12%

- Condiciones de funcionamiento

Potencia

- Potencia nominal ONAN en A.T. 25 MVA
- Potencia nominal ONAN en B.T. 25 MVA
- Potencia nominal ONAF en A.T. 40 MVA
- Potencia nominal ONAF en B.T. 40 MVA

Tensiones nominales en vacío

- A.T. 220 kV
- B.T. 220 kV



SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN 220/20 KV PARA LA EVACUACIÓN DE ENERGÍA DE DOS PLANTAS TERMOSOLARES

Álvaro Barrios San José

Intensidades nominales en vacío

- A.T. 105 A
- B.T..... 924 A

Regulación

- Clase Carga
- Margen de regulación..... $\pm 10 \%$
- Número de posiciones totales 8
- Campo de regulación 242-198 kV
- Arroyamiento Alta tensión

Conexiones

- Arroyamiento A.T..... Estrella con neutro accesible
- Arroyamiento B.T..... Triángulo

Grupos de conexiones

- A.T, B.T..... Ynd11

Refrigeración

La refrigeración del transformador es ONAN/ONAF mediante radiadores adosados a la cuba (con independización mediante válvulas) y motoventiladores accionados por termostato.



Protecciones del transformador

Las protecciones propias de cada transformador constan del siguiente equipo:

Dos indicadores magnéticos de nivel de aceite, uno para el aceite de la cuba del transformador y otro para el aceite del regulador, con contacto de alarma por nivel bajo.

Dispositivo liberador de presión con contactos de alarma y disparo.

Relés Buchholz de dos flotadores con contacto de alarma y disparo (uno para el transformador y otro para el regulador).

Termómetro de contacto indicador de temperatura del aceite del transformador, con cuatro microinterruptores ajustados con los siguientes usos: disparo y alarma por temperatura.

1.7.3. AUTOVALVULAS

Estos elementos protegen a la instalación frente a sobretensiones de origen atmosférico o de maniobra. Se colocarán dos juegos de tres autoválvulas junto a los transformadores de potencia y dos juegos en las salidas de línea de 220 kV de la subestación.

Tensión asignada

La tensión asignada de un pararrayos (U_r) es el valor eficaz máximo de la tensión a frecuencia industrial admisible entre sus bornes para la cual está previsto un funcionamiento correcto en condiciones de sobretensiones temporales establecidas en los ensayos de funcionamiento.

Para un nivel de tensión de red de 220 kV, $U_r \geq 192$ kV.

Corriente nominal de descarga

De acuerdo a la norma IEC 60099-5 [12], para equipos en niveles de tensión entre 72,5 kV hasta 420 kV la corriente nominal de descarga será de 10 kA.

Distancia de fuga

El nivel de contaminación determina la longitud de la línea de fuga del pararrayos. En la ubicación de nuestra instalación contamos con un parque industrial a pocos kilómetros y podemos tener niveles de contaminación fuerte (nivel tipo III). Para nivel tipo III, la IEC fija líneas de fuga de 25mm/kB.



SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN 220/20 KV PARA LA EVACUACIÓN DE ENERGÍA DE DOS PLANTAS TERMOSOLARES

Álvaro Barrios San José

Las autoválvulas seleccionadas para la instalación de 220 kV tienen las siguientes características básicas:

- MarcaTRIDELTA
- ModeloSB 198
- Intensidad nominal de descarga 10 KA
- Tensión normal de servicio 158 kV
- Tensión máxima de servicio 198 kV
- Tensión máxima a frecuencia industrial a tierra 475 kV
- Frecuencia50 Hz
- Línea de fuga mínima 25 mm/kV
- Intensidad limite dinámica (cresta) 100 kA
- Corriente de cortocircuito40 kA

Las autoválvulas seleccionadas para la instalación de 20 kV tienen las siguientes características básicas:

- MarcaTRIDELTA
- ModeloSB 18
- Intensidad nominal de descarga 10 KA
- Tensión normal de servicio 14,4 kV
- Tensión máxima de servicio 18 kV
- Tensión máxima a frecuencia industrial a tierra 45,5 kV
- Frecuencia50 Hz
- Línea de fuga mínima 25 mm/kV
- Intensidad limite dinámica (cresta) 100 kA
- Corriente de cortocircuito40 kA

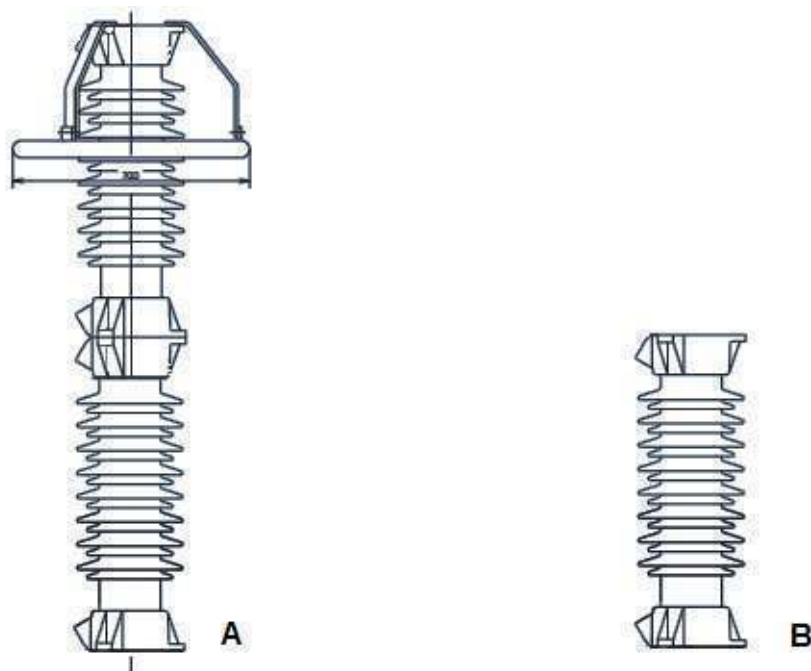


Ilustración 7. Autoválvula Tridelta SB 198 (A) y SB 18 (B).

1.7.4. SECCIONADORES

Los seccionadores se utilizan para separar diferentes componentes de la instalación, para efectuar maniobras de operación o bien de mantenimiento. La misión de estos aparatos es la de aislar tramos de circuito de una forma visible.

Los circuitos que debe interrumpir deben hallarse libres de corriente, o dicho de otra forma el seccionador debe maniobrar en vacío. No obstante debe de soportar corrientes nominales, sobrecorrientes y corrientes de cortocircuito durante un tiempo determinado.

Así este aparato va a asegurar que los tramos de circuito aislado se hallen libres de tensión para que se puedan manipular sin peligro por parte de los operarios.

Los seccionadores más habituales según su modo de accionamiento son:

- Seccionador de cuchillas giratorias.
- Seccionador de cuchillas deslizantes.
- Seccionador de columnas giratorias.



Dentro de esta clasificación todos pueden tener una constitución unipolar o tripolar. Los seccionadores de 220 kV tendrán mando motorizado para operación individual por polo de las cuchillas principales. El accionamiento de la cuchilla de puesta a tierra podrá ser motorizado o manual.

Seccionadores de cuchillas giratorias

Estos aparatos son los más empleados para tensiones medias, tanto para interior como para exterior, pudiendo disponerse de seccionadores unipolares como tripolares.



Ilustración 8. Seccionador de cuchillas giratorias.

La constitución de estos seccionadores es muy sencilla, disponiéndose básicamente en una base o armazón metálico rígido (donde apoyarán el resto de los elementos), dos aisladores soporte de porcelana, un contacto fijo o pinza de contacto y un contacto móvil o cuchilla giratoria (estos dos últimos elementos montados en cada uno de los aisladores de porcelana).

Seccionadores de cuchillas deslizantes

Con una estructura muy similar a la de los seccionadores de cuchillas giratorias, descritos anteriormente, poseen la ventaja de requerir menor espacio en sus maniobras dado que sus cuchillas se desplazan longitudinalmente, por lo que se puede instalar en lugares más angostos. No obstante, dado el tipo de desplazamiento de las cuchillas, estos seccionadores tienen una capacidad de desconexión inferior en un 70 % a los anteriores.



Ilustración 9. Seccionador de cuchillas deslizantes.

Seccionadores de columnas giratorias

Este tipo de seccionadores se utiliza en instalaciones de intemperie y con tensiones de servicio desde 33 kV hasta 220 kV.

Dentro de este tipo de seccionadores cabe distinguir dos construcciones diferentes:

- Seccionador de columna giratoria central o de tres columnas por polo

En este tipo de seccionador la cuchilla o contacto móvil está fijada sobre una columna aislante central que es giratoria. Con esta disposición se tiene una interrupción doble, de tal suerte que cada punto de interrupción requiere una distancia en aire igual a la mitad de la total. Las dos columnas exteriores están montadas rígidamente sobre un soporte metálico de perfiles de acero galvanizado en caliente y son las encargadas de sostener los contactos fijos.

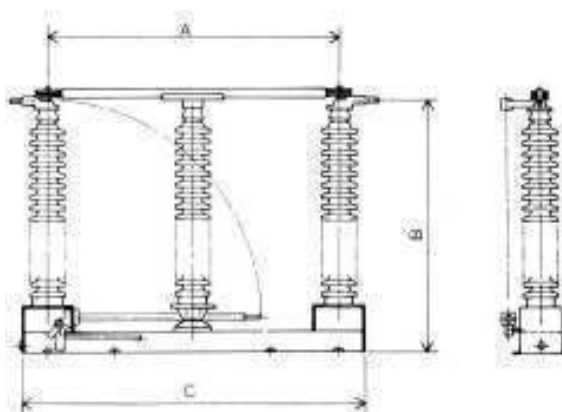


Ilustración 10. Seccionador de columna giratoria central.



- Seccionador de columna giratoria central y cuchillas de puesta a tierra hasta 220 kV:

En caso de que se disponga de un seccionador de columna central giratoria trifásico, el accionamiento de las tres columnas centrales giratorias se realiza mediante un juego de barras y bielas que permiten un accionamiento conjunto de las tres cuchillas giratorias o contactos móviles.

En el seccionador montado con cuchilla de puesta a tierra se impide cualquier falsa maniobra por medio de un enclavamiento electromecánico.

Este tipo de seccionadores se suele utilizar en instalaciones con tensiones de servicio entre 13,2 y 245 kV y corrientes nominales comprendidas entre 630 A y 1.250 A.

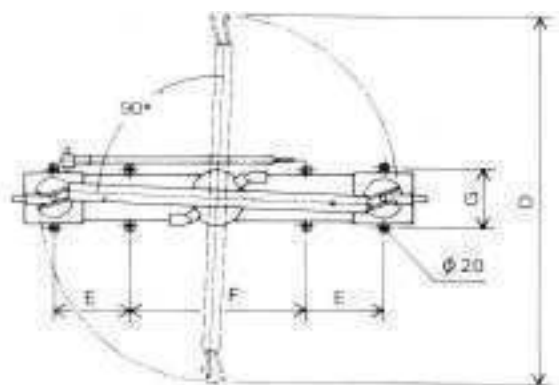


Ilustración 11. Seccionador columna giratoria central y cuchillas puestas a tierra.

Para poder efectuar los seccionamientos en los circuitos de 220 kV, se ha previsto el montaje de seccionadores tripolares de intemperie marca ALSTOM modelo SG3C.

Se colocará un seccionador tripolar equipado con cuchillas de puesta a tierra y un seccionador sin puesta a tierra en cada una de las posiciones de línea, también se colocará un seccionador sin puesta a tierra en cada una de las posiciones del transformador (220 kV).

Características generales:

- MarcaALSTOM
- Modelo SG3C



SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN 220/20 KV PARA LA EVACUACIÓN DE ENERGÍA DE DOS PLANTAS TERMOSOLARES

Álvaro Barrios San José

- Construcción Triple columna (central giratoria)
- Tensión nominal 245 kV
- Intensidad nominal 2.000 A
- Intensidad máxima de corta duración (valor eficaz) 40 kA
- Intensidad máxima de cresta 100 kA
- Puesta a tierra Si
- Tensión de ensayo a Tierra y Polos:
 - A frecuencia industrial bajo lluvia 460 kV
 - A impulso 1.050 kV
- Tensión de ensayo sobre distancia de seccionamiento:
 - A frecuencia industrial bajo lluvia 530 kV
 - A impulso 1.200 kV
- Accionamiento cuchillas principales Mando motorizado 125 Vcc
- Accionamiento cuchillas tierra Mando manual

1.7.5. INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS

Los interruptores automáticos son aparatos de conexión y desanexión, destinados a asegurar la continuidad o discontinuidad de los circuitos eléctricos de alta tensión.

Las características principales que describen a los interruptores de alta tensión son las siguientes:



- Voltaje nominal.
- Corriente nominal de cortocircuito: Valor instantáneo de la corriente de falla.
- Corriente de ruptura: Valor permanente de la corriente de cortocircuito.
- Capacidad interruptiva: Potencia trifásica de interrupción para una corriente de ruptura determinada.
- Voltaje de restablecimiento: Voltaje en el interruptor después de la desconexión.

Otro aspecto que caracteriza los interruptores son los ciclos de trabajo. Los ciclos de trabajo son una serie de operaciones de apertura y cierre con el objeto de revisar su funcionamiento y someterlo a las condiciones de funcionamiento. Comúnmente se tiene una primera apertura por un tiempo determinado (en minutos), seguido de un cierre y apertura inmediata.

A la operación de cierre de un interruptor después de haberse abierto debido a una falla se le llama reenganche rápido. El tiempo de apertura y cierre debe ser lo más corto posible para no perder sincronismo de generadores interconectados. La aplicación principal del reenganche rápido es la interrupción de fallas transitorias.

El elegido es un interruptor en SF₆ (hexafloruro de azufre), ha demostrado ser un medio excelente de enfriamiento del arco y aislamiento para los interruptores. Es un compuesto muy estable, inerte hasta los 500°C, no inflamable, no toxico, incoloro y carente de olor.

El comportamiento electronegativo del SF₆, es decir, la propiedad de capturar electrones libres y formar iones negativos, ocasiona la rápida recuperación de la resistencia dieléctrica del canal del arco inmediatamente después de la extinción del arco.

Estos interruptores usan hexafloruro de azufre como medio aislante y para extinción del arco. Este tiene en comparación con el aire a la misma presión, una rigidez dieléctrica hasta tres veces mayor.

Las capacidades de interrupción de estos interruptores es muy alta, por ejemplo 80 kA para 800 kV, 50 kA para 420 kV y 40 kA para 245 kV. Estos interruptores pueden ser de diseño para subestaciones encapsuladas o para subestaciones a la intemperie.

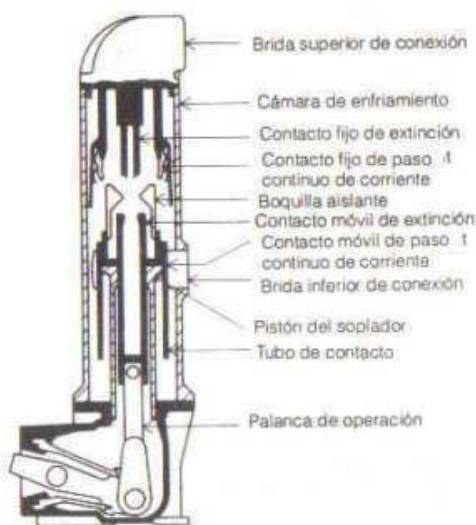


Ilustración 12. Ejemplo de interruptor SF₆.

En cada posición tanto de transformador como de línea se instalará un interruptor con las siguientes características generales:

El interruptor seleccionado es marca ALSTOM GL314, con las siguientes características básicas:

- Marca ALSTOM
- Modelo GL 314
- Tipo Trifásico
- Instalación Intemperie
- Servicio Continuo
- Aislamiento interno y fluido extintor SF₆
- Altitud < 1.000 m
- Temperatura ambiente (Max / min.) 50°C / -15°C
- Tensión de servicio 220 kV
- Frecuencia 50 Hz
- Niveles de aislamiento:



- Tensión más elevada para el material 245 Kv
- Tensión a frecuencia industrial (50 Hz, 1 min) 460 kV
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo (1,2/50 μ s) 1.050 kV
- Intensidad Nominal
 - Posición de línea 4.000 A
 - Posición de transformador 3.150 A
- Corriente asignada de corta duración (3 s) 40 kA
- Poder de corte asignado en cortocircuito 40 kA
- Poder de cierre asignado en cortocircuito 100 kA cresta
- Tipo Electromecánico, tensado de resortes
- Tensión motor 125 Vcc
- Tensión mando 125 Vcc
- Aislamiento externo Porcelana marrón
- Línea de fuga ≥ 25 mm/kV

1.7.6. TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD

La función de los transformadores de intensidad es la de adaptar los valores de intensidad que circula por la instalación a niveles lo suficientemente bajos para ser empleados por los relés de protección y los aparatos de medida.

Para el conjunto de medida y control de la subestación y en función de los grandes valores de intensidad se hace necesario el uso de transformadores para medida y protección.

Las principales características para la elección de un transformador para medida y protección es la siguiente:

- Dimensionado del aislamiento.
- Precisión en reproducción de las magnitudes.



- Calentamiento del equipo y capacidad de sobrecargas.

Las zonas a instalar estos equipos son las siguientes:

- Zona de entrada, donde los transformadores de medida alimentan los equipos, así como las protecciones de entrada a la subestación.
- Zona de medida, donde tenemos las protecciones y medida de las diferentes líneas transformadores de potencia.

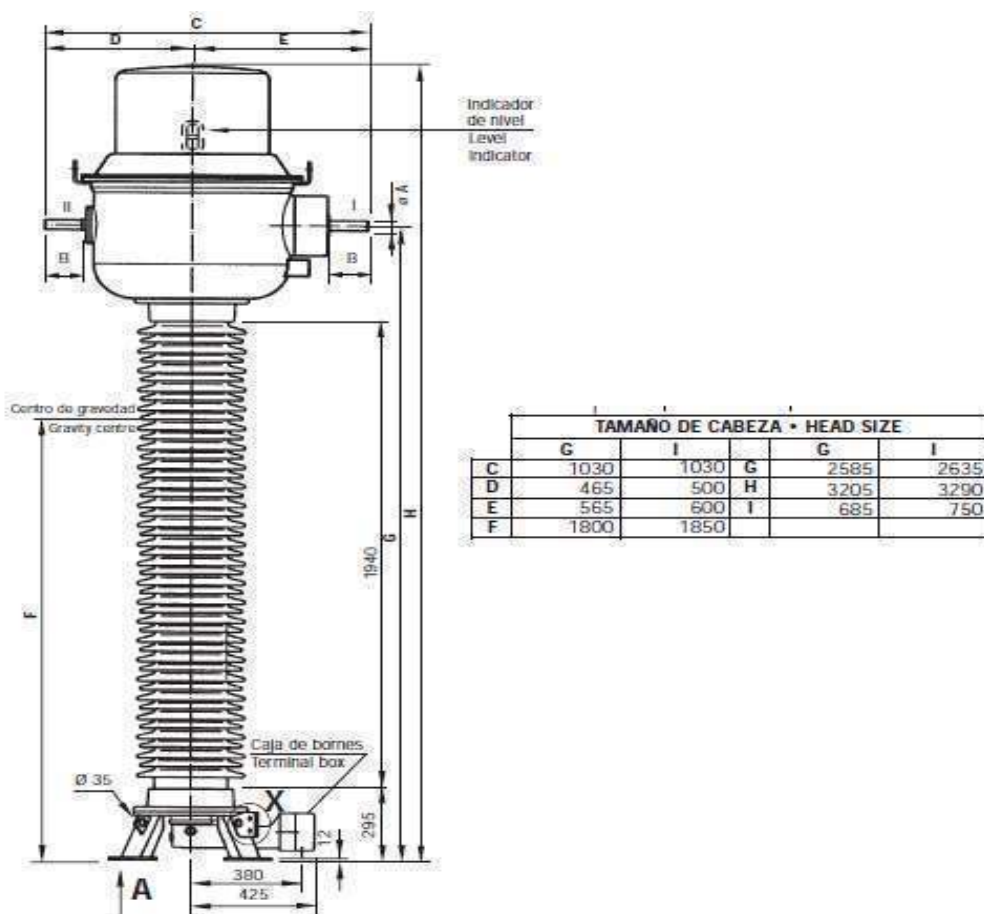


Ilustración 13. Transformador de intensidad Arteche CA 245.

Se colocará un transformador de intensidad en cada una de las posiciones de línea y en cada una de las posiciones de transformador.



Las características del transformador de intensidad son las siguientes:

- Marca ARTECHE
- Modelo CA-245
- Servicio Intemperie
- Tensión normal de servicio 220 kV
- Tensión máxima de servicio 245 kV
- Tipo de aislamiento Papel-aceite
- Intensidad límite térmica (1 segundo) 40 kA
- Intensidad límite dinámica 100 kA
- Nivel de aislamiento:
- A frecuencia industrial 1 minuto 460 kV
- A impulso 1.050 kV
- Relación de transformación
- Posición de línea 1000-2000 / 5-5-5-5 A
- Posición de transformador 200-400 / 5-5-5-5 A

Secundario 1

Potencia nominal..... 20 VA

Clase de precisión CI 0,2S

Secundario 2

Potencia nominal..... 50 VA

Clase de precisión CI 0,5-5P20

Secundario 3

Potencia nominal..... 50 VA



Clase de precisiónCI 5P20

Secundario 4

Potencia nominal..... 50 VA

Clase de precisiónCI 5P20

1.7.7. TRANSFORMADORES DE TENSIÓN

La función de un transformador de tensión es la de adaptar los valores de la tensión de la instalación a niveles lo suficientemente bajos para ser utilizados por los relés de protección y los aparatos de medida.

Se colocará un juego de tres transformadores de tensión, uno por fase, para cada una de las posiciones de línea, y otro para la de barras (220 kV). Sus características se detallan a continuación.

- Marca ARTECHE
- Modelo UTF-245
- Servicio Intemperie
- Tensión normal de servicio 220 kV
- Tensión máxima de servicio 245 kV
- Tipo de aislamiento Papel-aceite
- Intensidad límite térmica (1 segundo)..... 40 kA
- Intensidad límite dinámica 100 kA
- Nivel de aislamiento:
- A frecuencia industrial 1 minuto 460 kV
- A impulso 1.050 kV
- Relación de transformación ... 220.000: $\sqrt{3}$ /110: $\sqrt{3}$ -110: $\sqrt{3}$ -110: $\sqrt{3}$ V



Secundario 1

Potencia nominal..... 20 VA

Clase de precisión CI 0,2

Secundario 2

Potencia nominal..... 75 VA

Clase de precisión CI 0,5-3P

Secundario 3

Potencia nominal..... 75 VA

Clase de precisión CI 0,5-3P

Factor de tensión 8 horas 1,5 U_n

Sobretensión en permanencia 1,2 U_n

1.7.8. CONEXIONES ENTRE APARATOS

Las conexiones entre aparatos para el parque intemperie están realizadas con el 337-AL1/44 ST1A (LA-380) en configuración dúplex. Se trata de un conductor de aluminio duro (AL1) con alma de acero galvanizado (ST1A) que presenta una composición de 54+7 (número de alambres de aluminio + número de alambres de acero).

- Marca 337-AL1/44 ST1A (LA-380)
- Sección aluminio 337,3 mm
- Sección acero 43,7 mm
- Sección total 381 mm
- Numero alambres aluminio 54
- Numero alambres acero 7
- Sección acero 43,7 mm



- Diámetro del conductor..... 25,4 mm
- Masa por unidad de longitud..... 1274,7 Kg/Km
- Resistencia a la tracción 107,18 kN
- Resistencia en CC a 20°C 0,0857 Ω /Km

Las conexiones entre el conductor citado anteriormente y los diferentes elementos se realizarán a través de racores de conexión de fabricación con técnica de ánodo masivo, de diseño circular y equipado con tornillería de acero inoxidable.

1.8. SISTEMA DE 20 KV

El sistema en el nivel de 20 kV está compuesto por aparamenta de intemperie de las salidas de los transformadores de potencia de 40 MVA y elementos en el interior del edificio, en configuración de doble barra.

Los elementos principales que constituyen este sistema son:

Aparamenta de intemperie en el lado de las salidas de los transformadores de potencia de 40 MVA, tales como, autoválvulas 20 kV, reactancia de puesta tierra y embarrado en configuración de doble barra.

Los elementos en el interior del edificio, tales como, celdas aisladas en SF₆ (celdas salida de líneas, celdas servicios auxiliares, celda medida de barras, celda batería de condensadores, celdas protección de transformadores y celda acoplamiento transversal), dos transformadores de 100 kVA, aisladores soporte, racores de conexión.

La selección de estos elementos se realiza conforme a las características propias de la instalación, para la correcta operación tanto en condiciones normales como en situaciones de funcionamiento anormalmente extremas.

La disposición espacial de la aparamenta se realizará de acuerdo a la reglamentación vigente y a otras consideraciones prácticas con objeto de facilitar las operaciones requeridas durante el montaje, mantenimiento, así como las posibles futuras ampliaciones de la subestación.



1.8.1. EMBARRADO DE 20 KV

El embarrado de 20 kV consistirá en unas pletinas de cobre ensambladas en la parte anterior de las celdas que serán facilitadas por el fabricante mediante un kit autoinstalable.

1.8.2. CELDAS SALIDA DE 20 KV

En el interior del edificio se instalan 17 celdas de 20 kV de tipo encapsulado metálico cumpliendo con la denominación de apartamento eléctrica, de aislamiento SF₆, esquema de doble barra con acoplamiento transversal.



Ilustración 14. Celda Siemens 8DA10.

Cada una de estas celdas en su interior está compuesta por:

- Interruptor automático.
- Transformador de intensidad.
- Transformador de tensión.
- Seccionador de barras.
- Seccionador de puesta a tierra.

Las celdas modulares forman un sistema de equipos de reducidas dimensiones para media tensión. Cada módulo o celda tiene una función específica y dispone de su propia capa envolvente que alberga una cuba llena de SF₆, en la cual se encuentran los aparatos de maniobra y embarrado.



Celda de línea

Dotada con un interruptor-seccionador de tres posiciones (en lo sucesivo interruptor), permite comunicar el embarrado del conjunto de celdas con los cables, cortar la corriente nominal, seccionar esta unión o poner a tierra simultáneamente los tres bornes de media tensión.

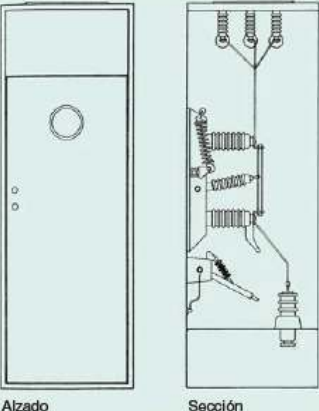
Representación	Componentes
 <p>Alzado</p> <p>Sección</p> <p><i>Celda de línea de un CT convencional.</i></p>	<p>Celda de línea</p> <ul style="list-style-type: none">• Aisladores de apoyo.• Tres botellas unipolares o una tripolar para conexión de la línea de llegada.• Seccionador interruptor de tensión U, intensidad 400 A, intensidad térmica admisible de corta duración (1 s) no inferior a 10 kA, valor de cresta no inferior a 25 kA.• Intensidad de cierre sobre cortocircuito no inferior a 20 kA.• Conducto superior para embarrado general y de derivación.• Embarrado general de sección adecuada a las características anteriores.• Conductor de puesta a tierra de cobre de 50 mm² de sección.• Seccionador de puesta a tierra con poder de cierre brusco no inferior a 25 kA e intensidad nominal de 200 A.• Palanca de accionamiento.• Dispositivo de seguridad que garantiza la separación del embarrado superior del resto de la celda.• Punto de luz para alumbrado de la celda.

Ilustración 15. Ejemplo de celda de línea convencional.

Celda de protección

Su función es proteger el transformador. Además de un interruptor igual al de celda de línea, incluye la protección con fusibles, lo que permite su combinación o asociación con el interruptor (funciones de protección).

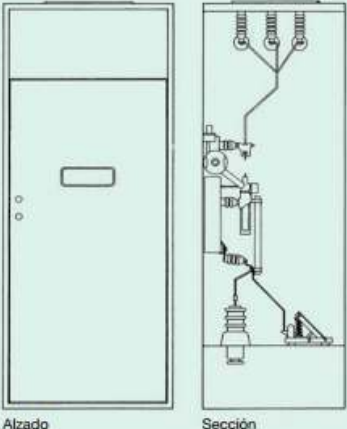
 <p>Alzado</p> <p>Sección</p> <p><i>Celda de protección del transformador de un CT convencional.</i></p>	<p>Celda de protección</p> <ul style="list-style-type: none">• Aisladores de apoyo.• Tres botellas unipolares o una tripolar para conexión de la línea puente en AT.• Interruptor seccionador con fusibles de alto poder para protección contra cortocircuito y bobina de disparo para protección de sobrecarga.• Conducto superior para embarrado general y de derivación.• Embarrado general de sección adecuada a las características anteriores.• Conductor de puesta a tierra de cobre de 50 mm² de sección.• Seccionador de puesta a tierra con poder de cierre brusco de 40 kA e intensidad nominal de 200 A.• Palancas y dispositivo de accionamiento.• Dispositivo de seguridad que garantiza la separación del embarrado superior del resto de la celda.• Punto de luz para alumbrado de la celda.
---	---

Ilustración 16. Ejemplo de celda de protección convencional.



Celda de transformador de servicios auxiliares

Esta celda hace las mismas funciones que las anteriores pero referida a las protecciones de los transformadores de servicios auxiliares.

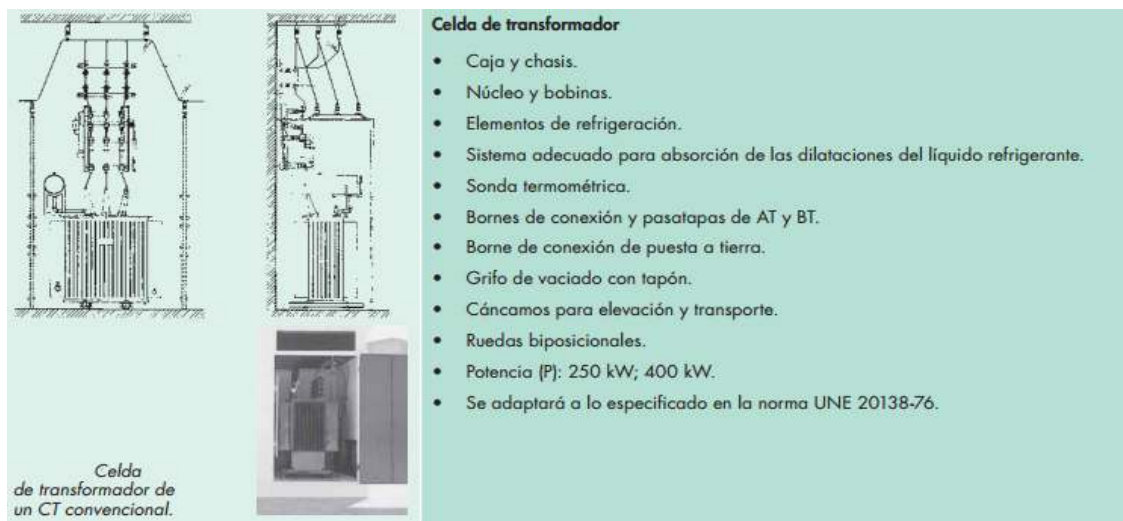


Ilustración 17. Ejemplo de celda de transformador convencional.

Celda de medida

De reducidas dimensiones, permite incluir en un bloque homogéneo con las otras funciones del sistema de transformadores de medida de tensión e intensidad.

Elección de la celda

El fabricante elegido de las celdas es SIEMENS modelo 8DA10 para doble barra. Las celdas se instalarán agrupadas en hileras según la disposición unifilar distribuidas de la siguiente manera:

- 10 celdas de línea.
- 2 celdas del transformador.
- 1 celda de batería de condensadores.
- 2 celdas de servicios auxiliares.
- 1 celdas de medida de tensión en barras
- 1 celda de acoplamiento transversal.



Las celdas de 20 kV seleccionadas para esta instalación tienen las siguientes características:

- Marca SIEMENS
- Modelo 8DA10
- Tensión asignada (U_r) 24 kV
- Tensión soportada corta duración (U_d) 50 kV
- Tensión soportada impulso tipo rayo (U_p) 125 kV
- Frecuencia 50 Hz
- Corriente asignada en servicio continuo para embarrado 2000 A
- Temperatura del aire ambiente -5°C/55°C
- Corriente admisible asignada de corta duración (I_k) 40 kA
- Valor de cresta de la corriente admisible (I_p) 100 kA
- Corriente asignada de corte en cortocircuito (I_{ma}) 40 kA
- Corriente asignada de cierre en cortocircuito (I_{sc}) 100 kA

1.8.3. TRANSFORMADOR DE SERVICIOS AUXILIARES

Se instalarán un total de dos transformadores de servicios auxiliares para el consumo propio de la instalación de 20/0,4 kV y 100 kVA de potencia alimentados de dos líneas de 20 kV cada una, para disponer de una alimentación de emergencia como para alimentar cada uno de los equipos de la subestación.

Los transformadores pueden ser en baño de aceite o en seco, el transformador seleccionado es del tipo en baño de aceite y tendrá las siguientes características principales:



- Terminales del primario.
- Cáncamo de desencubado.
- Deposito llenado.
- Conmutador regulación de tensión.
- Terminales del secundario.
- Toma de tierra.

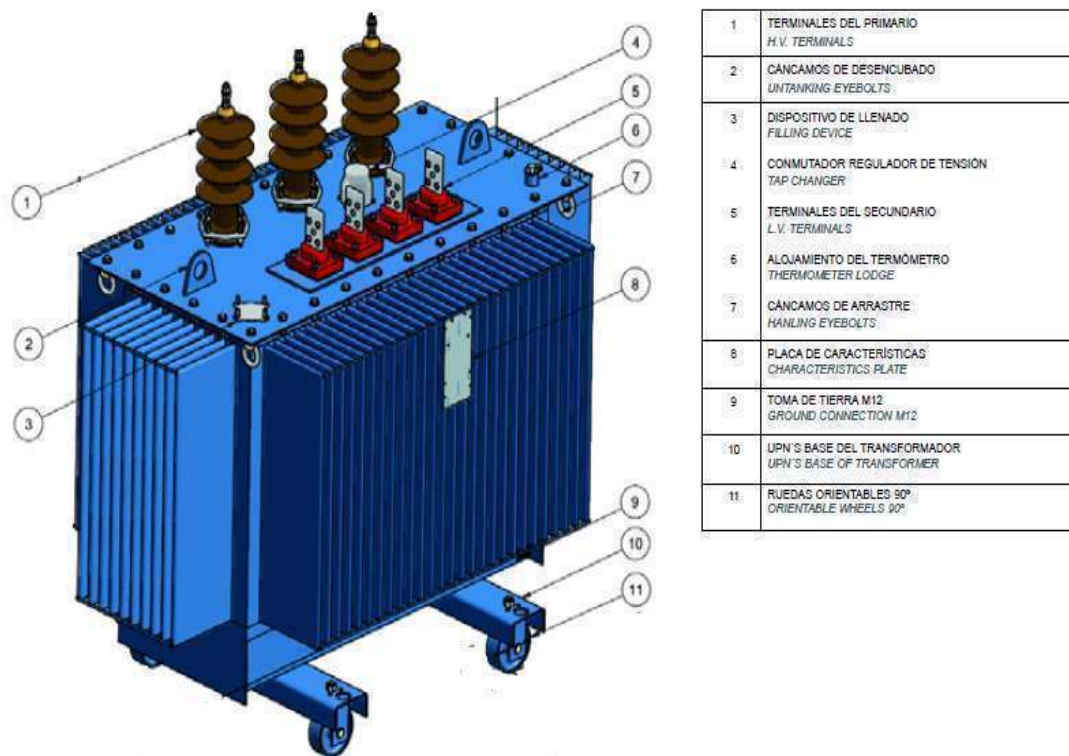


Ilustración 18. Ejemplo transformador servicios auxiliares.

Este tipo de transformador se escoge por las numerosas ventajas que nos proporciona:

- No existe contacto alguno entre el aceite y el aire ambiente, por lo que la conservación del aceite es muy buena.
- Solución económica.
- Dimensiones reducidas.



SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN 220/20 KV PARA LA EVACUACIÓN DE ENERGÍA DE DOS PLANTAS TERMOSOLARES

Álvaro Barrios San José

Los transformadores de servicios auxiliares seleccionados para esta instalación tienen las siguientes características básicas:

- Marca IMEFY
- Modelo 100 C
- Potencia nominal..... 100 kVA
- Servicio Intemperie
- Tensión primaria 20 kV
- Tensión secundaria 420 V
- Regulación en carga No
- Grupo de conexión..... Dyn11
- Tensión más elevada del material..... 24 kV
- Tensión de ensayo 50 kV
- Perdidas en vacío 260 W
- Perdidas en carga (75°C) 1750 W
- Tensión de cortocircuito 4 %
- Potencia acústica..... 54 dBA
- Distancias entre ejes 520 mm
- Peso..... 790 Kg



1.9. SISTEMAS AUXILIARES

Para la alimentación de los equipos y los diferentes servicios auxiliares, se plantean las siguientes alimentaciones auxiliares:

1.9.1. CORRIENTE ALTERNA

Los 400/230 Vca obtenidos en el secundario del transformador de Servicios Auxiliares.

La corriente alterna se utiliza para alimentación de los siguientes sistemas:

- Alumbrado interior.
- Alumbrado exterior.
- Tomas de corriente.
- Calefacciones de aparatos.
- Climatización y extracción del edificio de control.
- Cargador de baterías.
- Alimentación ventilación forzada transformador.
- Alimentación cambiador de tomas del transformador.

1.9.2. CORRIENTE CONTÍNUA

Los 125 Vcc obtenidos de un sistema rectificador-batería instalado en el edificio y alimentado con corriente alterna, proporcionan una fuente de energía en ausencia de tensión de red, permitiendo mantener el control de la instalación por un periodo de tiempo determinado sin corriente alterna.

La corriente continua se utiliza básicamente en:



- Alimentación motores de tensado de muelles de interruptores.
- Alimentación de equipos de protección.
- Alimentación de equipos de mando.
- Alimentación equipos de señalización y alarmas.

Los 48 Vcc obtenidos de un sistema rectificador - batería instalada en el edificio y alimentada con corriente alterna, proporcionan una fuente de energía en ausencia de tensión de red, permitiendo mantener el sistema de comunicaciones de la instalación por un periodo de tiempo determinado sin corriente alterna.

1.10. SISTEMA DE MANDO, MEDIDA, PROTECCIÓN Y CONTROL

Para la subestación proyectada, se plantea la instalación de un sistema integrado de mando, medida, protección y control de la instalación, constituido a base de UCP (unidades de control de posición) cuyas funciones de protección se completan con relés independientes, comunicados todos ellos con una UCS (unidad de control de subestación) equipada con una consola de operación local.

La captación de señales de tensión e intensidad se realiza a través de las UCP, al igual que la señalización de aparamenta y alarmas asociadas.

Las UCP y el resto de protecciones asociadas al nivel de 220 kV se instalan en los cuadros de control correspondientes. Las protecciones asociadas al nivel de control de 20 kV se instalarán en los cubículos de BT de la celda correspondiente a la posición a controlar.

1.10.1. FUNCIONES DE PROTECCIÓN Y CONTROL

Para cada una de las posiciones que componen la instalación, se enumeran a continuación las funciones de protección requeridas:

TRANSFORMADOR

- Protecciones de máquina.
 - Relé de disparos con bloqueo (86).



- Protección diferencial de transformador (87T).
- Relé Buchholz.
- Buchholz cambiador de tomas.
- Liberador de presión.
- Temperatura.
- Lado 220 kV.
 - Protección de sobreintensidad de fases y neutro (50/51-50N-51N).
 - Vigilancia de circuitos de disparo (3).
 - Protección contra fallo de interruptor (50s-62).
 - Protección de mínima y máxima tensión (27 Y 59).
 - Protección de máxima y mínima frecuencia (81).
 - Protección de máxima tensión homopolar (64).
- Lado 20 kV.
 - Protección de sobreintensidad de fases y neutro (50/51-50N-51N).
 - Protección de máxima tensión (59).
 - Protección de mínima tensión (27).
 - Protección de máxima / mínima frecuencia (81).
 - Protección de máxima tensión homopolar (64).
 - Vigilancia de circuitos de disparo (3).



- Regulador electrónico de tensión (90).
- Reactancia.
 - Protecciones de máquina.
 - Buchholz.
 - Temperatura.
 - Protección de sobreintensidad de fases y neutro (50/51-50N-51N).

LÍNEA 220 kV.

Las posiciones de línea a instalar llevarán las siguientes protecciones:

- Protección de distancia (21).
- Protección de sobreintensidad direccional de neutro (67N).
- Reenganchador automático (79).
- Protección diferencial de línea (87).
- Protección contra fallo de interruptor (50s-62).
- Protección de sincronismo (25).
- Protección de máxima tensión (59).
- Protección de mínima tensión (27).
- Protección de discordancia de polos (2).
- Vigilancia de circuitos de disparo (3).



LÍNEA 20 kV

- Protección de sobreintensidad de fases y neutro (50/51-50N-51N).
- Reenganchador automático (79).
- Vigilancia de circuitos de disparo (3).

1.10.2.FUNCIONES DE MANDO, MEDIDA Y SEÑALIZACIÓN

En general el sistema de control y a nivel de UCP, tendrá como mínimo las siguientes funciones generales de captación y visualización de datos:

- Captación de señales dobles (abierto / cerrado) correspondientes a los estados de la aparamenta, y señalización en pantalla local.
- Emisión de órdenes dobles (abrir / cerrar) a los interruptores y seccionadores motorizados, con los enclavamientos correspondientes.
- Captación de señales simples correspondientes a las señales / alarmas asociadas, y visualización en pantalla local.
- Captación de señales analógicas de tensión e intensidad, y cálculo en base a éstas de potencias, factor de potencia, energías... con visualización local de magnitudes.
- Registro oscilográfico.



1.11. SISTEMA DE MEDIDA DE ENERGIA PARA FACTURACIÓN

Para el parque solar existe en el edificio un equipo de medida correspondiente a un punto de medida del tipo 1 por cada posición de transformador según el vigente Reglamento de Puntos de Medida (RPM).

Cada punto de medida tipo 1 consta de los siguientes sistemas:

-Sistema de medida principal:

- Contador de energías activa y reactiva, a cuatro hilos con clases de precisión mejores o iguales a 0,2S y 0,5 para activa y reactiva respectivamente.
- Registrador.
- Módem.

-Sistema de medida redundante:

- Contador de energías activa y reactiva, a cuatro hilos con clases de precisión mejores o iguales a 0,2S y 0,5 para activa y reactiva respectivamente.
- Registrador.
- Módem.

1.12. INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN

En los siguientes apartados se describen las características principales de la instalación, así como de los elementos que componen ésta.

1.12.1. CLASIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN

El uso destinado a la instalación se enmarca dentro de la categoría de explotación industrial, sin poseer ningún local con tipo de riesgo especial (local húmedo, mojado, polvoriento, incendio o explosión,...)



1.12.2. NIVELES DE TENSIÓN EMPLEADOS

En la presente instalación se emplea tanto tensiones de corriente alterna (CA) como tensiones de corriente continua (CC).

Las tensiones de CA que se utilizan son 400 / 230 V, y se emplean para los siguientes servicios:

- a) Instalación de interior:
 - Alumbrado interior.
 - Tomas de corriente.
 - Climatización y ventilación.
 - Equipo rectificador de corriente continua.
 - Resistencias calefactoras anticondensación en celdas.
 - Grupo de presión.
- b) Instalación de intemperie:
 - Alumbrado exterior.
 - Resistencias calefactoras anticondensación en cuadros de campo.

Análogamente, las tensiones de corriente continua que se emplean (125 Vcc – 48 Vcc) alimentan los siguientes servicios:

- a) Instalación interior:
 - Circuitos de protección.
 - Circuitos de maniobra de aparamenta en celdas y parque.
 - Circuitos de señalización de aparamenta en celdas y parque.



- Circuitos de comunicaciones.
- b) Instalación de intemperie:
 - Circuitos de maniobra de apartamiento de parque.
 - Circuitos de señalización de apartamiento de parque.

1.12.3.ALIMENTACIÓN

El suministro de energía al edificio de control se realizará a través de la salida de BT del transformador de servicios auxiliares 20/0,4 kV 100 kVA.

La salida posee una caja de protección dotada de fusibles.

1.12.4.CUADRO DE SERVICIOS AUXILIARES

Desde el cuadro de servicios auxiliares se centralizan la protección y el mando de todos los subcircuitos que componen la instalación. En él se sitúan, además de un selector, una protección general, constituida por un interruptor automático en caja moldeada de 160 A tetrapolar, con protección diferencial.

Desde el interruptor automático se dividen en los distintos subcircuitos que se muestran en los diagramas unifilares, los cuales dan alimentación a los servicios de corriente alterna anteriormente comentados. Estos subcircuitos están protegidos mediante la correspondiente protección magnetotérmica y diferencial, con las características mostradas en los citados diagramas unifilares.

1.12.5.CANALIZACIONES ELÉCTRICAS EMPLEADAS

La recogida y distribución de señales a los distintos cuadros y/o apartamiento se realizará empleando cables. Éstos discurrirán por el interior de canales practicados en la solera del edificio, o por canales prefabricados de hormigón cuando discurran por el parque intemperie.



Cuando sea necesario comunicar un determinado elemento con el canal, se instalará un tubo de material plástico (rígido o corrugado, según conveniencia) que le proporcione protección mecánica a los conductores que discurran por su interior. El número de tubos y diámetro de los mismos que se dispondrán dependerá de la cantidad y tipo de conductores.

Por otra parte, las canalizaciones que se emplearán en el interior del edificio para dar suministro a los distintos receptores serán de distinto tipo:

- Bandeja metálica o de material plástico, con conductores con nivel de aislamiento 0,6/1 kV.
- Tubo rígido o canal protectora de montaje superficial, con conductores de nivel de aislamiento 750 V ó 0,6/1 kV.
- Tubo corrugado empotrado en la construcción, con conductores de nivel de aislamiento 750 V ó 0,6/1 kV.

Todos los conductores serán de tipo no propagadores de la llama según UNE-EN 60332-1-2:2005.

1.12.6. INSTALACIÓN DEL ALUMBRADO INTERIOR

En la instalación de alumbrado interior existen zonas diferentes en función de su uso y equitación; en cualquiera de los casos el nivel de iluminación deberá ser suficiente, cumpliendo con los requisitos marcados por reglamento y/o por las necesidades de la propiedad.

1.12.7. INSTALACIÓN ALUMBRADO EXTERIOR

Estará constituido por:

- Alumbrado de trabajo, formado por proyectores de 250 W de lámparas de vapor de sodio de alta presión, distribuidos estratégicamente.
- Alumbrado perimetral de la subestación de transformación, formado por báculos con luminaria tipo globo, con un total de 1.320 W.



- Alumbrado de fachada de edificio, formado por proyectores de 150 W VSAP.
- En nuestra nueva posición de línea se realizarán 2 cimentaciones donde se colocarán 2 nuevos proyectores que alumbrarán la aparamenta del parque de intemperie.

1.12.8. ALUMBRADO DE EMERGENCIA

Existen luminarias autónomas de emergencia en cada dependencia, de tal forma que se pueda evacuar el edificio de forma ordenada en caso de emergencia. Éstas están colocadas encima de las puertas de salida, de tal forma que el recorrido de evacuación queda suficientemente iluminado.

Poseen una autonomía mínima de 1 h, y su encendido es automático cuando la tensión desciende del 70 % del valor nominal.

El sistema de alumbrado de emergencia existente es suficiente para la ampliación luego no habrá modificación alguna en dicho sistema.

1.12.9. TOMAS DE CORRIENTE

Existe tomas de corriente en todas las dependencias del edificio, así como en el parque exterior. Se han distribuido en circuitos independientes según lo dispuesto en los planos.

1.13. DESCRIPCIÓN DE LA SUBESTACIÓN Y ACTUACIONES OBRA CIVIL

1.13.1. ACCESO A LA SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN

El acceso a la instalación se realiza por un vial existente que posee una anchura mínima de 5,00 m. A ambos lados del vial discurren sendas cunetas para evacuación del agua de lluvia.

1.13.2. PARQUE INTEMPERIE

El acondicionamiento del terreno y demás actuaciones sobre el parque intemperie se enumeran y se describen a continuación.



1.13.3. ACONDICIONAMIENTO DE LA PARCELA

El acondicionamiento de la parcela dónde está la subestación de transformación, alcanza los siguientes aspectos:

- Adecuación de la capa existente en toda la superficie donde se realizará la ampliación de la nueva posición de línea.
- Se procederá a la explanación, desmonte, relleno, nivelación del terreno y compactación, aproximadamente a la cota definitiva de la instalación.

1.13.4. CIMENTACIONES PARQUE INTemperie

Se realizarán mediante la técnica de hormigonado en masa. Aplicado sobre una capa de aproximadamente 10 cm. de hormigón de limpieza.

El hormigonado se realizará en dos fases, en la primera se embeberán los pernos de anclaje de las diferentes estructuras y en una segunda se ejecutará el recredido y el remate en forma de punta de diamante para facilitar la evacuación y evitar acumulaciones de agua en la parte superior de la cimentación.

El acceso de los cables de control a la aparamenta se realizará a través del hormigón mediante tubos de PVC, mientras que las tomas de tierra de todos los bastidores y aparamenta tendrá un acceso a través de la cimentación con tubos de PVC.

El control en la ejecución de las cimentaciones será de tipo normal.

Los materiales utilizados en la cimentación, son:

- Hormigón
- Acero



1.14. RED DE TIERRAS

La red de tierras general de la instalación estará compuesta por una red de tierras subterránea y una red de tierras aérea.

Todos los elementos nuevos a instalar en la nueva posición de línea, estarán unidos directamente a la red de tierras inferiores mediante soldaduras aluminotérmicas y grapas de unión.

1.14.1. RED DE TIERRAS SUBTERRANEA

Está compuesta por un electrodo en forma de malla rectangular de las siguientes características:

Conductor cable desnudo de Cu

Sección 95 mm²

Dimensiones de la malla 95 x 85 m

Profundidad electrodo 1 m

Los conductores del electrodo están enterrados entre tierra vegetal para facilitar la disipación de corriente.

Los cruces de los conductores de tierra y las derivaciones del electrodo hacia las tomas de tierra, se realizaron mediante soldaduras aluminotérmicas.

Para evitar la aparición de tensiones de contacto peligrosas desde el exterior, el electrodo principal sobresale 1 m alrededor del vallado perimetral de la instalación.

Existen tomas de tierra para todos los bastidores y demás elementos metálicos de la subestación, para el neutro del transformador, para las tomas de tierra de unión con el mallazo del edificio de control, así como la conexión eléctrica de la valla perimetral al electrodo de puesta a tierra.

Debido a que no existe un aumento de potencia, la red de tierras existente no necesita ampliación.



1.14.2. RED DE TIERRAS AÉREA

Está compuesta por un pararrayos de tipo Franklin, montado sobre mástil en lo alto del pórtico de salida de línea y un pararrayos activo montado sobre mástil en el edificio de control.

Se instalará un nuevo pararrayos tipo Franklin en el nuevo pórtico de línea.

Los pararrayos protegen todos los elementos dentro del recinto de la subestación de transformación.

La conexión al electrodo de tierra está hecha mediante cable de cobre desnudo de 95 mm².

1.15. CANALIZACIONES DE PARQUE

Los conductores que enlazan elementos de parque con elementos en el interior del edificio, discurren por canalizaciones.

1.15.1. CANALIZACIONES DE CONTROL

Para la recogida de los cables de alimentación y señales de los diferentes equipos y apartamentos de parque y conducción de los mismos al edificio de control, se instalaron canalizaciones subterráneas.

Las canalizaciones para conducción de cables de control son de dos tipos:

- Prefabricadas, o canalizaciones principales, constituidas por un canal prefabricado con tapas de hormigón accesibles desde la superficie.
- Tubos, o canalizaciones secundarias, realizadas con tubos de PVC GP7 DN90 para la recogida de cables de los equipos y conexión con las canalizaciones principales.

Las conducciones que transcurren por puntos por los pasan vehículos pesados, están protegidos en superficie por una losa de hormigón armado con un mallazo.

Se aprovecharán las canalizaciones existentes, y se harán nuevas para la nueva posición de línea.



1.16. TERMINACIÓN SUPERFICIAL

El parque intemperie se remata con dos tipos de acabados:

- Capa de grava superficial de 10 cm en el recinto interior salvo viales y aceras.
- Pavimentado de vial de acceso y acera perimetral del edificio de control.

1.17. CERRAMIENTO PERIMETRAL

La subestación de transformación tiene un vallado perimetral de 2,3 metros de altura, con malla metálica de simple torsión rematada en la parte superior con alambre.

El montaje de la valla está realizado sobre un murete de hormigón de al menos 30 cm. Los postes metálicos de fijación de la valla están colocados cada 3 m.

1.18. DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES

Para la evacuación de aguas pluviales, existe un sistema de drenaje interior y uno exterior.

1.18.1. DRENAJE DE AGUAS INTERIORES

El sistema de drenaje interior consiste en tubo dren de 125 mm de diámetro bajo las canalizaciones de parque, instalado con una pendiente del 1%, con conexión a pozo de evacuación y vertido de aguas en el exterior.

En la nueva posición de línea se adecuará de tal forma que se recojan las aguas y se lleven al sistema de drenajes existente.

1.18.2. DRENAJE DE AGUAS EXTERIORES

Existe una red de recogida y canalización de aguas entre los taludes correspondientes al desmonte y a la explanación de la subestación, que capta el agua proveniente de la bajada



natural y la canaliza, desviando el curso de agua por el perímetro de la explanación y vertiendo las aguas recogidas debajo de la misma en cunetas próximas.

Dicha red consiste en una canalización prefabricada en forma de "V", instalada entre los dos taludes.

1.19. EDIFICIO

El edificio está construido mediante elementos prefabricados con materiales y procedimientos clásicos.

El edificio de explotación y control de la subestación dispone de varias dependencias al objeto de cubrir las diferentes actividades que se van a desarrollar.

El edificio de explotación y control de la instalación está compuesto por:

- Sala de celdas de Media Tensión.
- Sala de SS/AA
- Sala de control de subestación
- Sala de control solar.
- Sala de descanso
- Aseo.
- Almacén - Taller.
- Almacén productos combustibles

1.19.1. CANALIZACIÓN DE CABLES

En el interior del edificio existen zanjas de conducción de cables subterráneas, con tapa de chapa metálica, para conexión entre aparatos de campo y cuadros de mando, medida, protección, control y comunicaciones instalados en el interior del edificio.

Se prevé la instalación de tubos de PVC de 160 mm de diámetro para el paso de cables entre distintas zanjas y para la conexión con los distintos aparatos.



1.19.2. INSTALACIONES INTERIORES

El edificio se completa con las siguientes instalaciones:

- Instalación de agua limpia, incluyendo grupo de presión, depósito de agua exterior no potable, fontanería, calentador eléctrico.
- Instalación de aguas residuales, incluyendo separador de grasas, fosa séptica, fontanería.
- Instalación de alumbrado interior normal y emergencia.
- Instalación de tomas de corriente.
- Instalación de ventilación de la sala de celdas, almacén y aseos.
- Instalación de climatización de la sala de control.
- Panoplia de seguridad reglamentaria en la sala de celdas.
- Sistema de extinción de incendios.

1.20. MONTAJE ELECTROMECAÁNICO

1.20.1. ESTRUCTURA METÁLICA

Los soportes de los diferentes aparatos de parque, los pórticos de barras, el pórtico de salida de las líneas se realizará en base a perfiles metálicos normalizados de acero soldados y/o atornillados, sobre los que se aplicará un tratamiento anticorrosión por galvanizado por inmersión en caliente.

Los soportes estarán amarrados por su base a los correspondientes pernos de anclaje embebidos en las cimentaciones respectivas, y la fijación de los aparatos a los mismos y entre sus piezas se realizará mediante tornillería.



Los taladros adecuados para la fijación del soporte a los pernos de anclaje, del aparato al soporte, de las cajas de centralización o mando y de las grapas de conexión a tierra a realizar en las estructuras metálicas se ejecutarán con antelación al tratamiento anticorrosión.

1.20.2. CAJAS DE CENTRALIZACIÓN

Las señales procedentes del parque exterior se recogerán en cajas de centralización de los siguientes tipos:

- Caja de formación de intensidades de medida y protección.
- Caja de formación de tensiones de medida y protección.

1.21. NORMATIVA PREVENCIÓN DE INCENDIOS

1.21.1. PARQUE INTEMPERIE

En aplicación de las prescripciones de la MIE-RAT 15.5 se utilizarán materiales que prevengan y eviten la aparición de fuego y su propagación a otros puntos de la instalación al exterior.

El transformador y la reactancia cuentan con dispositivos de protección que los desconectan del resto de la red ante situaciones en las que se pudiera dar peligro de incendio como cortocircuitos, sobrecargas y otras causas que puedan suponer calentamientos excesivos.

Dicho foso está recubierto por una capa de cantos rodados que tienen una función de apaga fuegos.

1.21.2. INSTALACIÓN INTERIOR

Se aplicaron las prescripciones de la MIE-RAT 14.4 para prevención de incendios en el edificio de la subestación de transformación. Asimismo será de aplicación el Código Técnico de la Edificación.

De acuerdo con MIE-RAT 14 no es necesaria la instalación de un equipo de extinción automática.

Se sitúan dos extintores uno de ellos de en la sala de celdas y otro en el almacén.



2. CÁLCULOS



2. CÁLCULOS

2.1. INTRODUCCIÓN, CAUSAS Y CONSECUENCIAS DEL CORTOCIRCUITO

En el diseño de las instalaciones eléctricas, se deben considerar no sólo las corrientes nominales de servicio, sino también las sobrecorrientes debidas a las sobrecargas y a los cortocircuitos.

El cortocircuito se define como una conexión de relativamente baja resistencia o impedancia, entre dos o más puntos de un circuito que están normalmente a tensiones diferentes.

Las corrientes de cortocircuitos se caracterizan por un incremento prácticamente instantáneo y varias veces superior a la corriente nominal, en contraste con las de una sobrecarga que se caracteriza por un incremento mantenido en un intervalo de tiempo y algo mayor a la corriente nominal.

Origen de los cortocircuitos

Los cortocircuitos tienen distintos orígenes:

- Por deterioro o perforación del aislamiento: debido a calentamientos excesivos prolongados, ambiente corrosivo o envejecimiento natural.
- Por problemas mecánicos: rotura de conductores o aisladores por objetos extraños o animales, ramas de árboles en líneas aéreas e impactos en cables subterráneos.
- Por sobretensiones debido a descargas atmosféricas, maniobras o a defectos.
- Por factores humanos: falsas maniobras, sustitución inadecuada de materiales, etc.
- Otras causas: vandalismos, incendios, inundaciones, etc.

Tipos de cortocircuitos

Los tipos de cortocircuitos son los siguientes:

- Cortocircuito trifásico equilibrado.
- Cortocircuito entre dos fases aislado (sin conexión a tierra).
- Cortocircuito monofásico fase-tierra y fase-neutro.



Consecuencias de los cortocircuitos

Las consecuencias de los cortocircuitos son variables dependiendo de la naturaleza y duración de los defectos, el punto de la instalación afectado y la magnitud de las corrientes.

En general podemos considerar algunos de los siguientes efectos:

- En el punto de defecto: la presencia de arcos con deterioro de los aislantes, fusión de los conductores, principio de incendio y riesgo para las personas.
- Para el circuito o equipo defectuoso, aquellos esfuerzos electrodinámicos, con deformación de los juegos de barras, deslambramiento de los cables, rotura de aisladores, averías en bobinados de transformadores o máquinas eléctricas rotativas y esfuerzo térmicos, con sobrecalentamientos con riesgo de deterioros de los aislantes.
- Para el resto de la instalación: disminución de la tensión durante el tiempo de eliminación del defecto (en BT 10 a 100 ms), puesta fuera de servicio de una parte de la instalación, perturbaciones en los circuitos de control y comunicaciones.

Para el diseño de una instalación y elegir adecuadamente los dispositivos de protección debemos conocer las corrientes de cortocircuito máximas y mínimas en los distintos niveles.

Corrientes de cortocircuito máximas

Estas corrientes corresponden a un cortocircuito en los bornes de salida del dispositivo de protección, considerando la configuración de la red y al tipo de cortocircuito de mayor aporte. En general, en las instalaciones de baja tensión el tipo de cortocircuito de mayor aporte es el trifásico.

Estas corrientes se utilizan para determinar:

- El poder de corte y de cierre de los interruptores.
- Los esfuerzos térmicos y electrodinámicos en los componentes.



Corrientes de cortocircuito mínimas

Estas corrientes corresponden a un cortocircuito en el extremo del circuito protegido, considerando la configuración de la red y al tipo de cortocircuito de menor aporte. En las instalaciones de baja tensión los tipos de cortocircuito de menor aporte son el fase-neutro (circuitos con neutro) o entre dos fases (circuitos sin neutro).

Estas corrientes se utilizan para determinar:

- El ajuste de los dispositivos de protección para la protección de los conductores frente a cortocircuito.

2.2. GENERALIDADES

Un cortocircuito en un punto equivale a anular la tensión existente en dicho punto antes del efecto. Normalmente, se calculan los parámetros correspondientes a un cortocircuito trifásico, puesto que a partir de los datos obtenidos se puede determinar los posibles equipos a instalar.

Al producirse un cortocircuito en una red en condiciones de carga, el cálculo riguroso de la corriente total que circulará por el circuito será la resultante de la corriente producida por el cortocircuito y de la corriente absorbida por las cargas en función de las tensiones impuestas por el cortocircuito. Así, solo será suficiente considerar las corrientes de cortocircuito.

2.3. ESQUEMA UNIFILAR Y LOCALIZACION DE FALTAS

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito, debemos expresar el esquema unifilar de la subestación, donde localizaremos los diferentes niveles de tensión, como también tanto la disposición de los transformadores de potencia, como los transformadores de servicios auxiliares, las salidas de las líneas y la medida de barras, dando lugar a las diferentes faltas posibles que se puedan producir en la subestación.

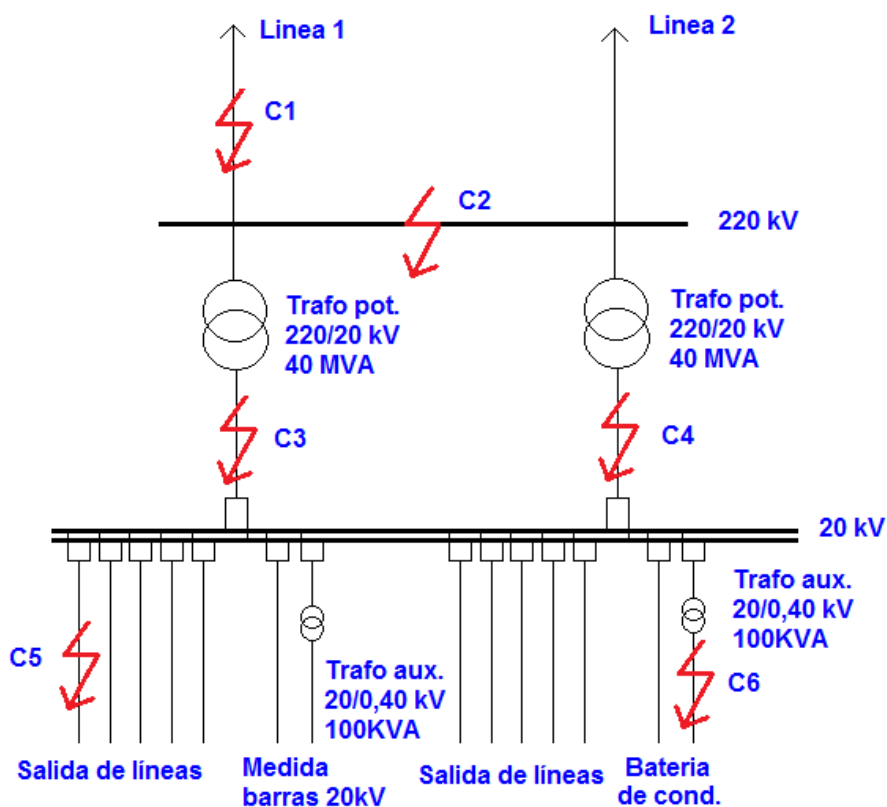


Ilustración 19. Esquema unifilar y localización de faltas.

2.4. CÁLCULOS POR UNIDAD

Cunando tenemos dos o más niveles de tensión, podemos simplificar el cálculo aplicando el método por unidad. El cual nos ofrece una serie de ventajas:

- Los fabricantes especifican las impedancias en tanto por ciento de los valores nominales que figuran en las placas de características.
- Las impedancias por unidad del mismo tipo de aparato tiene valores muy próximos, aunque sus valores en ohmios sean muy diferentes.
- Las impedancias por unidad de un transformador, es la misma en el primario que en el secundario.
- La impedancia por unidad de un transformador no depende del tipo de conexión.



2.5. CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

2.5.1. CÁLCULO DE REACTANCIAS POR UNIDAD

En la mayoría de las instalaciones eléctricas conectadas a la red de suministro que se realizan hoy en día, nos encontramos con el desconocimiento de la reactancia total de la red hasta el punto de conexión.

Ello conduce a errores en el cálculo de las protecciones de nuestra instalación que, si tenemos en cuenta uno de los principios fundamentales del cálculo y diseño de las instalaciones eléctricas (ante la duda, decantar la decisión del lado de la seguridad), se traducirá a colocar protecciones con un nivel de prestación superior al necesario, con el sobrecoste que ello conlleva. Afortunadamente, hoy en día esta situación ya no es un problema tan grave ya que la mayoría de los fabricantes diseñan protecciones con poderes de corte muy elevados, estableciendo grandes saltos entre los poderes de corte de una protección y la que le sigue en el catálogo.

Para realizar el cálculo de las reactancias adaptadas al método por unidad hay que fijar, en primer lugar, unos valores base arbitrarios.

Potencia base de referencia del cálculo

Elegiremos como potencia base para todo el sistema, por ser la potencia predominante en los distintos elementos:

$$S_b = 40 \text{ MVA}$$

Reactancias de la línea de entrada

La empresa suministradora, nos determina el la línea una potencia de cortocircuito de 4000 MVA.

$$S_{cc} = 1000 \text{ MVA}$$



Calculo del valor por unidad de las líneas a las barras de 220 kV:

Se utiliza la siguiente expresión matemática para el cálculo por unidad:

$$X = \frac{S_b}{S_{cc}} \quad (1)$$

Donde:

S_b Valor de la potencia de base, en MVA.

S_{cc} Valor de la potencia de cortocircuito, en MVA.

X Valor p.u. (por unidad) de la reactancia del sistema.

Línea 1 y línea 2:

$$X = \frac{40}{1000} = 0,04 \text{ p.u.}$$

Reactancias de los transformadores

Transformador 1 (40 MVA) y transformador 2 (40 MVA)

En la instalación disponemos de dos transformadores de 40 MVA cada uno, así que la reactancia será igual para los dos transformadores.

De los datos del fabricante obtenemos el valor de la siguiente reactancia de cortocircuito:

$$U_{cc} = 12 \%$$

Utilizamos, para calcular las reactancias de los transformadores, la siguiente expresión matemática:



$$X = U_{cc} \times \frac{S_b}{S_n} \quad (2)$$

Donde:

S_b	Valor de la potencia de base, en MVA.
U_{cc}	Valor de la reactancia de cortocircuito del transformador en %.
S_n	Valor de la potencia nominal del transformador, en MVA.
X	Valor p.u. (por unidad) de la reactancia del sistema.

$$X = 0,12 \times \frac{40}{40} = 0,12 \text{ p.u.}$$

Reactancias transformadores servicios auxiliares

En la instalación disponemos de dos transformadores de servicios auxiliares 100 kVA cada uno, así que la reactancia será igual para los dos transformadores.

De los datos del fabricante obtenemos el valor de la siguiente reactancia de cortocircuito:

$$U_{cc} = 2,5 \%$$

Utilizamos, para calcular las reactancias de los transformadores, según la ecuación (2):

$$X = 0,025 \times \frac{40}{0,10} = 10 \text{ p.u.}$$

Reflejamos los datos obtenidos en la siguiente tabla:



	Potencias (MVA)	Potencias base (MVA)	Reactancia (p.u.)
Línea a barras (línea 1 y línea 2)	1000	40	0,04
Transformador de potencia 1	40	40	0,12
Transformador de potencia 2	40	40	0,12
Transformador de servicios auxiliares	0,1	40	10

Tabla 4. Reactancias equivalentes.

2.5.2. ESQUEMA DE IMPEDANCIAS POR UNIDAD

Definimos el esquema de impedancias del circuito, sustituyendo cada elemento del mismo por su respectivo valor por unidad, ya sea los transformadores de potencia, líneas a embarrados y transformadores de servicios auxiliares.

El esquema equivalente queda reflejado a continuación, donde también se señalizan los posibles puntos eléctricos donde pueden darse los diferentes cortocircuitos.

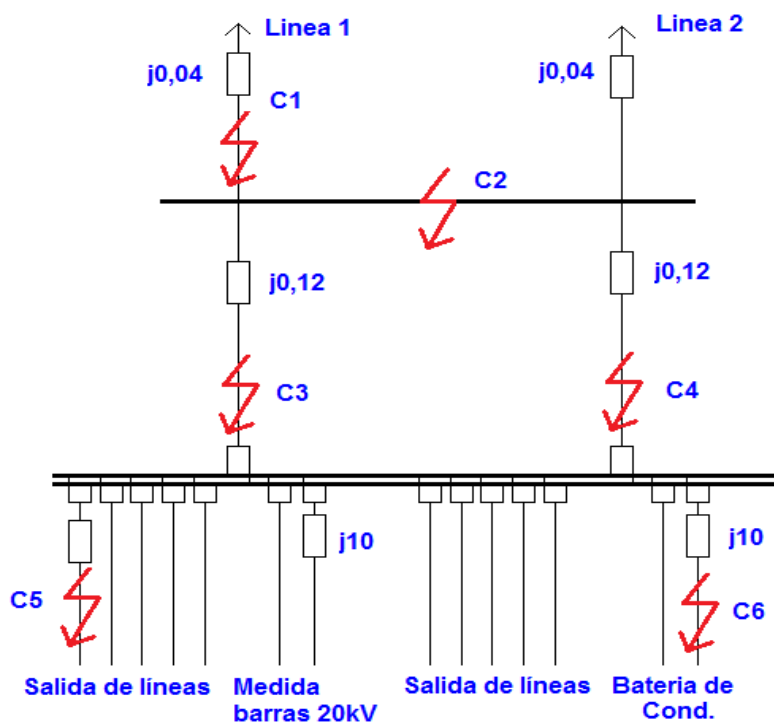


Ilustración 20. Esquema equivalente de impedancias y faltas.



Cortocircuito en el punto C1

Nos encontramos tanto en la línea de llegada (Línea L1), como en la línea de llegada (Línea L2) donde su valor p.u. calculado anteriormente corresponde a:

$$X_{L1} = 0,04 \text{ p.u.}$$

$$X_{L2} = 0,04 \text{ p.u.}$$

Cortocircuito en el punto C2

Nos encontramos la línea de llegada (Línea 1) y la línea de llegada (Línea 2), conectadas ambas en paralelo, por lo que su valor corresponde a:

$$X_2 = \frac{0,04 \times 0,04}{0,04 + 0,04} = 0,02 \text{ p.u.}$$

Cortocircuito en el punto C3

Nos encontramos ambas líneas de llegada conectadas en paralelo y el transformador 1 de potencia 40 MVA conectado en serie, por lo que la reactancia equivalente correspondiente a:

$$X_3 = 0,02 + 0,12 = 0,14 \text{ p.u.}$$

$$X_2 = 0,14 \text{ p.u.}$$



Cortocircuito en el punto C4

Nos encontramos ambas líneas de llegada conectadas en paralelo y el transformador 1 de potencia 40 MVA conectado en serie, por lo que la reactancia equivalente correspondiente a:

$$X_4 = 0,02 + 0,12 = 0,14 p. u.$$

$$X_2 = 0,14 p. u.$$

Cortocircuito en el punto C5

Apreciamos en dicho punto, ambas líneas de llegada conectadas en paralelo, junto a los transformadores de potencia también conectados en paralelo. Donde su reactancia equivalente será la siguiente:

$$X = \frac{0,04 \times 0,04}{0,04 + 0,04} = 0,02 p. u.$$

$$X = \frac{0,12 \times 0,12}{0,12 + 0,12} = 0,06 p. u.$$

$$X_5 = 0,02 + 0,06 = 0,08 p. u.$$

Cortocircuito en el punto C4

Encontramos la reactancia equivalente de las líneas de llegada, la equivalente de los transformadores de potencia y del transformador de servicios auxiliares, apreciamos que la reactancia equivalente a este punto será:

$$X_4 = 0,02 + 0,06 + 10 = 10,08 p. u.$$

Reflejamos en la siguiente tabla los puntos de cortocircuito y su respectiva reactancia en dicho punto.



Puntos de cortocircuito	Valores equivalentes de reactancia (p.u.)
C1	0,04
C2	0,02
C3	0,14
C4	0,14
C5	0,08
C6	10,08

Tabla 5. Reactancias equivalentes en los puntos de cortocircuito.

2.5.3. POTENCIAS DE CORTOCIRCUITO

A continuación se calcularán, para cada punto de cortocircuito su potencia correspondiente, con el fin de analizar y dar el resultado para cada uno de los posibles lugares donde se pueden producir los cortocircuitos, analizando cada uno de los puntos por separado.

Mediante la siguiente ecuación pasaremos al cálculo de las potencias de cortocircuito, donde reflejaremos los resultados obtenidos en la tabla adjunta de este correspondiente apartado, dando lugar a las características de los interruptores automáticos a instalar en cada punto del cortocircuito.

$$S_{cc} = \frac{S_b}{X_{eq}} \quad (3)$$

Donde:

S_b Valor de la potencia de base, en MVA.

S_{cc} Valor de la potencia de cortocircuito, en MVA.

X_{eq} Valor de la reactancia equivalente en el punto de cortocircuito.



Se muestra en la siguiente tabla los puntos de cortocircuito y su respectiva potencia de cortocircuito en dicho punto, según la ecuación (3):

	Valores equivalentes de reactancia (p.u.)	Potencias base (MVA)	Potencias de cortocircuito (MVA)
C1	0,04	40	1000
C2	0,02	40	2000
C3	0,14	40	286
C4	0,14	40	286
C5	0,08	40	500
C6	10,08	40	3,97

Tabla 6. Reactancias equivalentes y potencias de cortocircuito.

Tal y como hemos expresado anteriormente, los valores obtenidos en la tabla anterior serán los necesarios para determinar la potencia de ruptura, tanto de los interruptores como de otros equipos a instalar.

2.5.4. CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

El conocimiento de las corrientes de cortocircuito de las instalaciones tiene la misma importancia que el conocimiento de la corriente nominal. Así pues el conocer el valor de la intensidad de la corriente de cortocircuito, nos permitirá poder fijar el dimensionado de un juego de barras, el calibre de un fusible, de un interruptor o establecer el ajuste de las protecciones.

Corriente eficaz de cortocircuito de choque

Para realizar el cálculo de los valores permanentes de la corriente de cortocircuito, que al igual que el cálculo de potencias nos ayudaran a obtener las diferentes características de los interruptores y demás equipos a instalar.



Extraemos los valores de las corrientes permanentes de cortocircuito mediante la siguiente formula, cuales valores obtenidos serán valores eficaces:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{U_n \times \sqrt{3}} \quad (4)$$

Donde:

I_{cc} Valor de corriente permanente de cortocircuito, en kA.

S_{cc} Valor de la potencia de cortocircuito, en MVA.

U_n Valor de la tensión nominal, en kV.

Reflejamos en la siguiente tabla según la ecuación (4), los diferentes valores de los parámetros que dependen del cálculo de las corrientes de cortocircuito, como los valores resultantes de las corrientes de cortocircuito:

	Potencias de cortocircuito (MVA)	Tensión nominal (kV)	Corriente permanente de cortocircuito (kA)
C1	1000	220	2,62
C2	2000	220	5,25
C3	286	20	8,26
C4	286	20	8,26
C5	500	20	14,43
C6	3,97	0,40	5,73

Tabla 7. Corrientes permanentes de cortocircuito.

Corriente máxima de cortocircuito de choque

Para el cálculo de los valores máximos de choque, debemos utilizar los valores obtenidos en el apartado anterior (corrientes permanentes de cortocircuito), ya que para el cálculo de las corrientes máximas de choque, debemos utilizar la siguiente expresión:



$$I_{ch} = 2 \times \sqrt{2} \times I_{cc} \quad (5)$$

Este valor es teórico ya que, se tienen que tener en cuenta el amortiguamiento del circuito, por lo que nos resulta a la práctica la siguiente ecuación:

$$I_{ch} = 1,8 \times \sqrt{2} \times I_{cc} \quad (6)$$

Donde:

I_{cc} Valor de corriente permanente de cortocircuito, en kA.

I_{ch} Valor de la corriente máxima de choque, en kA.

Expresamos los resultados obtenidos según la ecuación (6) para las corrientes de choque, en la tabla siguiente:

	Corriente permanente de cortocircuito (kA)	Valores de la corriente máxima de choque (kA)
C1	2,62	6,67
C2	5,25	13,36
C3	8,26	21,03
C4	8,26	21,03
C5	14,43	36,73
C6	5,73	14,59

Tabla 8. Corriente máxima de choque.



2.6. DIMENSIONADO Y ELECCIÓN DE INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS

2.6.1. ELECCIÓN DE INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS

El interruptor automático es el que en definitiva materializa las órdenes de conexión/desconexión ordenadas por las protecciones y automatismos.

La misión de los interruptores automáticos es doble:

- Unión o separación de redes o instalaciones en caso de maniobras.
- Separación de las zonas averiadas en el menor tiempo posible.

Como la desconexión de un cortocircuito es la misión más difícil de cumplir por el interruptor, esta misión es un factor determinante de su tamaño, se utiliza como medida para elegir el más adecuado la potencia de ruptura y la intensidad de corriente de choque.

Pero además de este valor es necesario tener en cuenta una serie de aspectos generales que también nos ayudaran a dimensionar este tipo de apartamento eléctrica, como pueden ser la tensión nominal, la intensidad nominal, el tiempo de conexión, instalación interior o intemperie, limitaciones de espacio y costes.

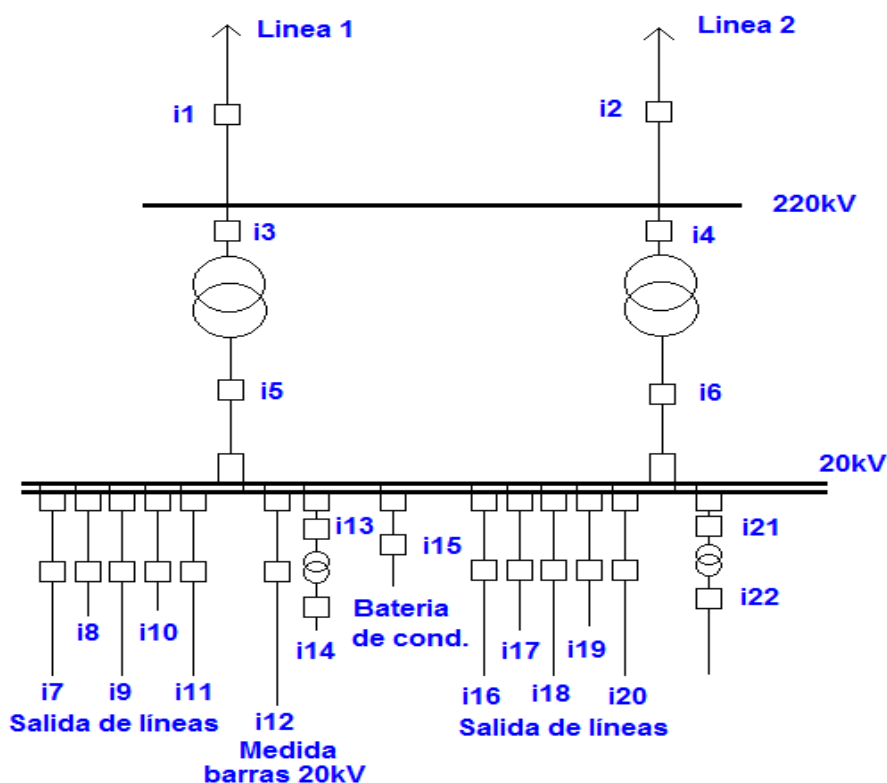


Ilustración 21. Localización interruptores automáticos



Los interruptores automáticos son aparatos de conexión y desconexión, destinados a asegurar la continuidad o discontinuidad de los circuitos eléctricos de alta tensión, así el interruptor seleccionado es para ALSTOM GL314 F3/4031, con las siguientes características básicas:

- Marca ALSTOM
- Modelo GL 314 F3/4031
- Tipo Monofásico
- Instalación Intemperie
- Servicio Continuo
- Aislamiento interno y fluido extintor SF₆
- Altitud < 1.000 m
- Temperatura ambiente (Max / min.) 50°C / -15°C
- Tensión de servicio 220 kV
- Frecuencia 50 Hz
- Niveles de aislamiento:
 - Tensión más elevada para el material 245 Kv
 - Tensión a frecuencia industrial (50 Hz, 1 min) 460 kV
 - Tensión soportada a impulsos tipo rayo (1,2/50 μs) 1.050 kV
- Intensidad Nominal
 - Posición de línea 4.000 A
 - Posición de transformador 3.150 A
- Corriente asignada de corta duración (3 s) 40 kA
- Poder de corte asignado en cortocircuito 40 kA
- Poder de cierre asignado en cortocircuito 100 kA cresta



Dimensionado de interruptores automáticos

Como hemos visto en el apartado anterior debemos expresar los aspectos tales como:

- Capacidad de conexión.
- Capacidad de ruptura.
- Corrientes nominales.
- Corriente de desconexión.
- Corrientes de choque.

Capacidad de ruptura y conexión

Para poder elegir los interruptores automáticos a utilizar, en cada uno de los puntos de instalación, es fundamental calcular los siguientes parámetros:

- Capacidad de ruptura (o poder de desconexión de los interruptores), viene definida por la corriente permanente de cortocircuito (I_{cc}).

La ecuación que muestra sus parámetros es la siguiente:

$$Sr = \sqrt{3} \times Un \times I_{cc} \quad (7)$$

Donde:

I_{cc} Valor de corriente permanente de cortocircuito, en kA.

Un Valor de la tensión nominal, en kV.

Sr Capacidad de ruptura, en MVA.



Expresamos los resultados obtenidos según la ecuación (7) en la tabla siguiente:

	Tensión nominal (kV)	Corriente permanente de cortocircuito (kA)	Valores capacidad de ruptura (MVA)
C1	220	2,62	998,35
C2	220	5,25	2000,52
C3	20	8,26	286,13
C4	20	8,26	286,13
C5	20	14,43	499,87
C6	0,40	5,73	3,97

Tabla 9. Capacidad de ruptura.

- Capacidad de conexión (o poder de conexión de los interruptores), viene definida por la corriente de choque (I_{ch}).

La ecuación que muestra sus parámetros es la siguiente:

$$Sc = \sqrt{3} \times Un \times Ich \quad (8)$$

Donde:

I_{ch} Valor de corriente de choque, en kA.

Un Valor de la tensión nominal, en kV.

Sc Capacidad de conexión, en MVA.



Expresamos los resultados obtenidos según la ecuación (8) en la tabla siguiente:

	Tensión nominal (kV)	Valores de la corriente máxima de choque (kA)	Valores capacidad de conexión (MVA)
C1	220	6,67	2541,61
C2	220	13,36	5090,84
C3	20	21,03	728,50
C4	20	21,03	728,50
C5	20	36,73	1272,36
C6	0,40	14,59	10,11

Tabla 10. Capacidad de conexión.

De acuerdo con los cálculos anteriores, la capacidad de ruptura y conexión se expone en la siguiente tabla:

	Valores capacidad de ruptura (MVA)	Valores capacidad de conexión (MVA)
C1	998,35	2541,61
C2	2000,52	5090,84
C3	286,13	728,50
C4	286,13	728,50
C5	499,87	1272,36
C6	3,97	10,11

Tabla 11. Capacidad de ruptura y conexión.

Corriente de desconexión

Definimos la corriente de desconexión, como la corriente máxima que deberá abrir cada uno de los interruptores automáticos, refiriéndonos a esa corriente, como la de régimen permanente de cortocircuito.



$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{U_n \times \sqrt{3}} \quad (9)$$

Donde:

I_{cc} Valor de corriente permanente de cortocircuito, en kA.

S_{cc} Valor de la potencia de cortocircuito, en MVA.

U_n Valor de la tensión nominal, en kV.

Obteniendo unos valores de corriente de desconexión (corriente permanente de cortocircuito):

	Corriente de desconexión (kA)
C1	2,62
C2	5,25
C3	8,26
C4	8,26
C5	14,43
C6	5,73

Tabla 12. Corriente de desconexión.

Corrientes nominales

La corriente nominal que deberá sobrepasar por cada uno de los interruptores automáticos, la definimos por la siguiente ecuación:

$$I_n = \frac{S_n}{U_n \times \sqrt{3}} \quad (10)$$



Donde:

I_n Valor de corriente nominal, en kA.

S_n Valor de la potencia nominal, en MVA.

U_n Valor de la tensión nominal, en kV.

Interruptores automáticos	Potencia nominal (MVA)	Tensión nominal (kV)	Intensidad nominal (kA)
i1,i2	80	220	0,21
i3,i4	40	220	0,10
i5,i6	40	20	1,15
Interruptor salida líneas	20	20	0,58
Interruptor de servicios auxiliares	0,1	0,40	0,14

Tabla 13. Corrientes nominales.

Considerando las características calculadas en los apartados anteriores y comparando los resultados obtenidos, con los catálogos de los fabricantes, llegamos a la siguiente conclusión:

Interruptores automáticos	Tensión nominal (kV)	Intensidad nominal (kA)	Valores capacidad de ruptura (MVA)	Valores capacidad de conexión (MVA)	Corriente de desconexión (kA)	Valores de la corriente máxima de choque (kA)
i1,i2	220	0,21	998,35	2541,61	2,62	6,67
i3,i4	220	0,10	2000,52	5090,84	5,25	13,36
i5,i6	20	1,15	286,13	728,50	8,26	21,03
Interruptor salida líneas	20	0,58	499,87	1272,36	14,43	36,73
Interruptor de servicios auxiliares	0,40	0,14	3,97	10,11	5,73	14,59

Tabla 14. Elección de interruptores automáticos.



Según la REE en el apartado 3.2.1 en lo relativo a la potencia de cortocircuito se dice: “Los valores de diseño en las instalaciones conectadas a la red de transporte serán como mínimo de 50 kA en 400 kV y 40 kA en 220 kV”, en nuestro caso al ser una instalación de 220 kV tendremos que buscar protecciones de intensidades de cortocircuito de 40 kA.

Los interruptores elegidos para el montaje de la subestación de transformación son de la marca ALSTOM, modelo GL314 F3/4031 ya que cumplen con las características calculadas anteriormente y concretamente tanto en la corriente de desconexión (corriente permanente de cortocircuito) como en la corriente máxima de choque siendo en los dos casos menor que la suministrada por el fabricante, como se expone en la siguiente tabla:

Corriente de cortocircuito interruptor ALSTOM GL314 F3/4031 (kA)	Puntos cortocircuito	Corriente permanente de cortocircuito (kA)	Valores de la corriente máxima de choque (kA)
40	C1	2,62	6,67
	C2	5,25	13,36
	C3	8,26	21,03
	C4	8,26	21,03
	C5	14,43	36,73
	C6	5,73	14,59

Tabla 15. Comparación intensidades de cortocircuito seccionador Alstom GL314.

2.7. DIMENSIONADO Y ELECCIÓN DE CONDUCTORES

2.7.1. ELECCIÓN DE CONDUCTORES

Entre los distintos criterios por lo que elegir una sección, aparecen los criterios de calentamiento, densidad de corriente admisible, caída de tensión, capacidad para soportar el cortocircuito y el punto de vista económico.

La elección de conductores se hará de acuerdo con las prescripciones expuestas en el R.A.T de líneas aéreas, para densidades de corriente y capacidad de transporte.

Elección del tipo de cable para 220kV

El conductor elegido para el embarrado de la subestación del lado de 220 kV es el 337-AL1/44 ST1A (LA-380) en configuración dúplex. Se trata de un conductor de aluminio duro



(AL1) con alma de acero galvanizado (ST1A) que presenta una composición de 54+7 (número de alambres de aluminio + número de alambres de acero).

CARACTERÍSTICAS DEL CONDUCTOR		377-AL1/44 ST1A (LA380)
SECCION	ALUMINIO (AL1)	337,3
	ACERO (ST1A)	43,7
	TOTAL (AL1/ST1A)	381
NUMERO DE ALAMBRES	ALUMINIO	54
	ACERO	7
DIAMETRO DEL CONDUCTOR (mm)		25,4
MASA POR UNIDAD DE LONGITUD (Kg/Km)		1274,6
RESISTENCIA A LA TRACCION (kN)		107,18
RESISTENCIA EN CC A 20°C (Ω/Km)		0,0857

Tabla 16. Características del conductor.

La sección del conductor especificado, presenta un total de 54 hilos de aluminio y 7 de acero que conforman su alma, dotando al conductor de buenas propiedades mecánicas, la siguiente figura muestra una sección del mismo:

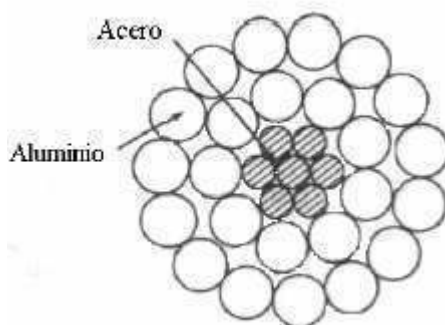


Ilustración 22. Conductor 54 hilos aluminio + 7 de acero.



Comprobación por densidad de corriente

En primer lugar debemos de calcular la intensidad nominal que circula por el embarrado de alta tensión del circuito, según la ecuación (10):

$$I_n = \frac{80000}{220 \times \sqrt{3}} = 209,95 \text{ A}$$

Las densidades máximas de corriente en los conductores no pueden sobrepasar los valores de acuerdo con la tabla 11 del punto 4.2 capacidad de corriente en los conductores que fija el R.L.A.T.

SECCION NOMINAL	DENSIDAD DE CORRIENTE (A/mm) ²		
	COBRE	ALUMINIO	ALEACION DE ALUMINIO
300	2,5	1,95	1,8
400	2,3	1,8	1,7

Tabla 17. Densidad de corriente máxima por sección.

Para soportar el paso de la corriente anterior, será necesario un conductor que tenga una densidad de corriente mínima de:

$$\delta = \frac{I_n}{S} \quad (11)$$

Donde:

I_n Corriente nominal, en kA.

S Sección del conductor, en mm².

δ Densidad de la corriente, en A/mm².



Según las características del cable LA especificadas por el fabricante, comprobamos que el cable elegido cumpla por la densidad de corriente.

Teniendo en cuenta la densidad de corriente descrita por la R.L.A.T sobre la líneas obtendremos de la tabla el valor de la densidad de corriente correspondiente a su sección como si fuese aluminio en su totalidad, según la ecuación (11).

$$\delta = \frac{209,95}{381} = 0,55 \text{ A/mm}^2$$

De acuerdo con la tabla 11 del punto 4.2 capacidad de corriente en los conductores para una sección de 381 mm², la densidad de corriente máxima correspondiente:

$$\delta_{max} = 1,988 \text{ A/mm}^2$$

Este valor debe multiplicarse por el coeficiente de reducción que nos especifica el R.L.A.T en el punto 4.2 capacidad de corriente en los conductores tal y como se especifica a continuación:

NUMERO DE HILOS ALUMINIO MAS ACERO	COEFICIENTE DE REDUCCIÓN
30+7	0,916
6+1	0,937
26+7	0,937
54+7	0,95
45+7	0,97

Tabla 18. Coeficientes de reducción según el número de hilos.

Obtenemos la densidad de corriente:

$$\delta = \delta_{max} \times CR \quad (12)$$



Donde:

δ Densidad de corriente, en A/mm².

CR Coeficiente de reducción.

δ_{max} Densidad de la corriente máxima, en A/mm².

Según la ecuación (12):

$$\delta = \delta_{max} \times CR = 1,988 \times 0,95 = 1,89 \text{ A/mm}^2$$

Así:

$$\delta = 1,89 \text{ A/mm}^2 > \delta_{real} = 0,55 \text{ A/mm}^2$$

Por lo que el cable LA 380 cumple perfectamente con la densidad de corriente.

Comprobación por capacidad de transporte

La capacidad máxima de transporte en MVA hace referencia a la máxima potencia aparente que es capaz de transportar la línea en condiciones normales de explotación sin que esta vea reducida su vida útil. Sabiendo que la temperatura de servicio del conductor es directamente proporcional a la corriente, se impondrá que el conductor no superara 85°C de acuerdo con el R.L.A.T.

El método del cálculo se basado en lo que ofrece el reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión. Este procedimiento justifica una capacidad de transporte superior a 500 MVA cumpliendo con la primera restricción de la REE.

El método de acuerdo con la tabla 11 del punto 4.2 capacidad de corriente en los conductores que fija el R.L.A.T. descrito anteriormente en la tabla 16, consiste en determinar



la máxima densidad de corriente en régimen permanente del conductor, en función del material y sección.

Al tratarse de un conductor de aluminio – acero, la densidad de corriente obtenida para el aluminio, se multiplicara por el coeficiente de reducción según su composición, esto es según su número de hilos de aluminio y acero descrita anteriormente en la tabla 17.

Para el caso del cable elegido LA 380 presenta las siguientes características:

$$\delta_{max} = 1,988 \text{ A/mm}^2$$

$$CR = 0,95$$

De tal forma la densidad de corriente máxima para el conductor, según la ecuación (12) es:

$$\delta_{LA380} = \delta_{max} \times CR = 1,988 \times 0,95 = 1,89 \text{ A/mm}^2$$

Al tratarse de una configuración dúplex, la corriente máxima admisible que soporta el conductor será:

$$I_{max} = n \times \delta_{LA380} \times S \quad (13)$$

Donde:

δ_{LA380} Densidad de corriente máxima del conductor, en A/mm².

S Sección del conductor, en mm².

I_{max} Corriente máxima, en A.

n Tipo de configuración.



Según la ecuación (13):

$$I_{max} = n \times \delta_{LA380} \times S = 2 \times 1,988 \times 381 = 1814,86 A$$

La capacidad de transporte de la línea es por tanto:

$$S_{linea} = \sqrt{3} \times Un \times In \quad (14)$$

Donde:

I_n Valor de corriente nominal, en kA.

S_{linea} Valor de la potencia nominal, en MVA.

U_n Valor de la tensión nominal, en kV.

Según la ecuación (14):

$$S_{linea} = \sqrt{3} \times 220 \times 1814,86 = 691,55 MVA$$

Valor superior a los 80 MVA de transformación que dispone la nueva subestación a instalar y superior a la a la capacidad mínima de 500 MVA impuesta por la REE. Es decir el conductor LA 380 cumple por cuestiones térmicas en condiciones normales de explotación.

Elección del tipo de cable para barras a transformadores de potencia

Cada una de las derivaciones de barras a transformadores de potencia, deberá de soportar la potencia de cada uno de los transformadores de 40MVA, por lo que se escogerá el mismo



tipo de cable para cada una de las derivaciones de cada transformador. El conductor elegido es el 337-AL1/44 ST1A (LA-380) en configuración dúplex.

Comprobación por densidad de corriente

En primer lugar debemos de calcular la intensidad nominal que circula por el embarrado de alta tensión del circuito, según la ecuación (10):

Sustituyendo los diferentes parámetros en la ecuación (10) se obtiene:

$$I_n = \frac{40000}{220 \times \sqrt{3}} = 104,97 \text{ A}$$

Las densidades máximas de corriente en los conductores no pueden sobrepasar los valores de acuerdo con la tabla 11 del punto 4.2 capacidad de corriente en los conductores que fija el R.L.A.T, en la tabla 16 descrita anteriormente.

Para soportar el paso de la corriente anterior, será necesario un conductor que tenga una densidad de corriente mínima, según la ecuación (11):

Según las características del cable LA especificadas por el fabricante, comprobamos que el cable elegido cumpla por la densidad de corriente.

Teniendo en cuenta la densidad de corriente descrita por la R.L.A.T sobre la líneas obtendremos de la tabla el valor de la densidad de corriente correspondiente a su sección como si fuese aluminio en su totalidad.

$$\delta = \frac{104,97}{381} = 0,28 \text{ A/mm}^2$$

De acuerdo con la tabla 11 del punto 4.2 capacidad de corriente en los conductores que fija el R.L.A.T para una sección de 381 mm², la densidad de corriente máxima correspondiente:



$$\delta_{max} = 1,988 \text{ A/mm}^2$$

Este valor debe multiplicarse por el coeficiente de reducción que nos especifica el R.L.A.T en el punto 4.2 capacidad de corriente en los conductores, en la tabla 17 descrita anteriormente.

Obtenemos la densidad de corriente, según la ecuación (12):

$$\delta = \delta_{max} \times CR = 1,988 \times 0,95 = 1,89 \text{ A/mm}^2$$

Así:

$$\delta = 1,89 \text{ A/mm}^2 > \delta_{real} = 0,28 \text{ A/mm}^2$$

Por lo que el cable LA 380 cumple perfectamente con la densidad de corriente.

Elección del tipo de conductor para las salidas a media tensión

Nos referimos en este tramo de media tensión, a la unión de los transformadores de potencia en el lado de media y al tramo subterráneo hasta el embarrado de 20 kV.

Para la salida de los transformadores de 40 MVA, calculamos la intensidad nominal según la ecuación (10):

$$In = \frac{40000}{20 \times \sqrt{3}} = 1154,70 \text{ A}$$

Tramo intemperie

Para la unión de los transformadores en el lado de media tensión, sometidos a una potencia de 40 y 40 MVA, respectivamente, se elige para ambas salidas de los transformadores tubo de cobre de 60 mm de diámetro.



Características del tubo de cobre de 60mm de diámetro:

• Diámetro exterior	60mm
• Diámetro interior	50 mm
• Sección nominal	865mm ²
• Peso	7,7 kg/m
• Intensidad admisible (exterior)	1550 A
• Momento resistente (W)	10,96 mm ³
• Momento de inercia (J)	32,88cm ⁴

Por lo que el tubo de cobre de 60 mm cumple perfectamente con la intensidad admisible.

Tramo subterráneo

La intensidad nominal que tendrá que soportar este tramo según la ecuación (10) será:

$$In = \frac{40000}{20 \times \sqrt{3}} = 1154,70 A$$

Los conductores elegidos para para las derivaciones de los transformadores a embarrados de 20 kV subterráneo sometido a una potencia de 40 MVA son conductores unipolares de aislamiento seco de cobre, que es el material más utilizado para estas circunstancias.

Características del conductor unipolar:

• Composición	2 Cables unipolares
• Sección	2 x 500mm ² = 1000mm ²
• Intensidad máxima admisible	2 x 1175 A = 2350 A
• Sobreintensidad máxima admisible	25%
• Resistencia	0,04416Ω/km
• Conducción	Bajo tierra 1 metro



- Separación entre ternas 7 cm

Por lo que el conductor unipolar cumple perfectamente con la intensidad admisible.

Elección del tipo de conductor para las barras de 20 kV

Las barras de 20 kV estarán situadas en el interior el edificio, formadas por un doble embarrado. Cada embarrado trifásico tendrá que soportar una potencia de 80 MVA

La intensidad nominal que tendrá que soportar según la ecuación (10) será:

$$In = \frac{80000}{20 \times \sqrt{3}} = 2309,40 A$$

Por lo que las barras de las cabinas SIEMENS 8DA10 (ver apartado 2.14), soportaran perfectamente esta intensidad.

2.8. CÁLCULO CADENA DE AISLADORES

Para aislar eléctricamente el conductor de tierra es necesario instalar cadenas de aisladores. Estos aisladores no deberán únicamente aislar el conductor del apoyo conectado a tierra en condiciones normales de operación (245 kV eficaces) sino también sobretensiones de carácter temporal. El aislador cumple una doble misión, fijar mecánicamente los conductores y aislarlos de tierra.

Para la correcta selección de cadenas de aisladores tendremos en cuenta tres factores:

- Niveles de aislamiento (tabla 12 de la ITC-LAT-07).
- Líneas de fuga en función de nivel de contaminación (tabla 14 de la ITC-LAT-07).
- Esfuerzos mecánicos máximos que tienen que soportar.

Se realiza el estudio calculando el máximo esfuerzo que han de soportar la cadena de aisladores, es decir, la carga mínima de rotura mecánica.

Dado que el conductor que empleamos es el LA 380 con una carga de rotura de 107,18 kN (representado en la tabla 15, descrita anteriormente) y su coeficiente de seguridad es de 2,5



por tratarse de conductores cableado (ITC-LAT 07 apartado 3.2.1) el tense máximo del conductor sería:

$$T_{max} = \frac{\sigma_{rot}}{CS_{cond}} \quad (15)$$

Donde:

T_{max} Valor tense máximo, en kN.

σ_{rot} Valor carga de rotura, en kN.

CS_{cond} coeficiente de seguridad.

Así, según la ecuación (15):

$$T_{max} = \frac{107,18}{2,5} = 42,87 \text{ kN}$$

La carga mínima de rotura mecánica del aislador considerando un coeficiente de seguridad mecánico de 3 (ITC-LAT 07 apartado 3.4) según la ecuación (16), será de:

$$CR_{min} \geq T_{max} \times CS_{aisl} = 42,87 \times 3 = 128,61 \text{ kN} \quad (16)$$

Así, atendiendo a la norma IEC-305 el aislador a instalar será un U210B con las siguientes características:

- Carga de rotura 210 kN
- Paso (P) 170 mm
- Diámetro (D) 280 mm
- Línea de fuga 380 mm
- Peso 7,5 kg

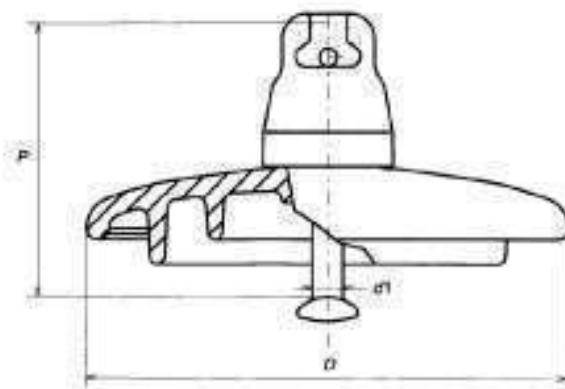


Ilustración 23. Aislador normalizado U210B.

Según el R.L.A.T en su ITC-07, el nivel de contaminación se elegirá de acuerdo a la tabla 14 del propio reglamento La línea a tender presentara un nivel de contaminación medio. De acuerdo a la tabla mencionada anteriormente, la línea de fuga tendrá un valor de:

- Línea de fuga mínima 20 mm/kV

Como la tensión, mas elevada para el material es de 245 kV (tabla 12 de la ITC-LAT-07) será necesaria una línea de fuga (fase-tierra) total de:

$$h = U_s \times \text{Linea}_{\text{Fuga-polucion}} = 245 \text{ kV} \times 20 \frac{\text{mm}}{\text{kV}} = 4900 \text{ mm} \quad (17)$$

Dado que cada aislador U210B dispone de una línea de fuga de 380 mm, según la ecuación (18) se necesitan:

$$n^{\circ} \text{ aisladores} = \frac{h}{\text{linea}_{\text{fuga-aislador}}} = \frac{4900 \text{ mm}}{380 \text{ mm}} = 12,89 \text{ aisladores} \quad (18)$$



$\phi \times P$: 280 x 170 mm			
Nº	A	B	C
1	75	45	110
2	135	75	205
3	190	110	285
4	240	145	360
5	290	185	440
6	335	220	520
7	380	255	600
8	430	290	675
9	475	325	755
10	520	360	835
11	565	390	915
12	610	420	990
13	655	450	1065
14	695	485	1140
A: Tensión soportada a frecuencia industrial en seco. B: Tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia. C: Tensión soportada al impulso tipo rayo 1,2/50 μ s.			

Tabla 19. Tensiones soportadas según (IEC 305).

Se utilizará un total de 14 aisladores y no 13, para que atendiendo a la norma IEC-305, la cadena cumpla con dicho aislamiento. Dicha norma determina experimentalmente en función del peso y diámetro del aislador y de las sobretensiones soportadas, se adjunta dicha tabla:

Utilizando 14 aisladores U210B se obtienen valores de aislamientos superiores a los normalizados en la tabla 12 de la ITC-LAT 07.

	U210B	Normalizada
Tensión soportada de corta duración a frecuencia industrial	485	460
Tensión soportada al impulso tipo rayo 1,2/50 μ s.	1140	1050

Tabla 20. Comprobación de la validación del aislador.

El resumen normalizado de la cadena de aisladores a instalar tanto para amarre como para suspensión es:



• Aislador	U210B
• Carga de rotura	210 kN
• Paso (P)	170 mm
• Diámetro (D)	280 mm
• Línea de fuga total	5320 mm
• N° de aisladores	14
• Longitud cadena	2380 mm
• Tensión corta duración a 50 Hz	460 kV
• Tensión soportada impulso tipo rayo	1050 kV

2.9. DIMENSIONADO Y ELECCIÓN DE SECCIONADORES

Para poder efectuar los seccionamientos en los circuitos de 220 kV, se ha previsto el montaje de seccionadores tripolares de intemperie marca ALSTOM modelo SG3C.

Características generales:

- ConstrucciónTriple columna (central giratoria)
- Tensión nominal..... 245 kV
- Intensidad nominal 2.000 A
- Intensidad máxima de corta duración (valor eficaz) 40 kA
- Intensidad máxima de cresta..... 100 kA
- Puesta a tierra Si
- A frecuencia industrial bajo lluvia 460 kV
- A impulso 1.050 kV

Según la REE en el apartado 3.2.1 en lo relativo a la potencia de cortocircuito se dice: “Los valores de diseño en las instalaciones conectadas a la red de transporte serán como mínimo



de 50 kA en 400 kV y 40 kA en 220 kV", en nuestro caso al ser una instalación de 220 kV tendremos que buscar protecciones de intensidades de cortocircuito de 40 kA.

Para el correcto dimensionado y elección de los seccionadores debemos calcular las corrientes permanentes de cortocircuito y las corrientes máximas de choque y compararlas con los datos técnicos de los seccionadores. Estos datos se calcularon en el apartado 2.5.4 corrientes de cortocircuito tabla 8.

Corriente de cortocircuito seccionador ALSTOM SGC3 (kA)	Puntos cortocircuito	Corriente permanente de cortocircuito (kA)	Valores de la corriente máxima de choque (kA)
40	C1	2,62	6,67
	C2	5,25	13,36
	C3	8,26	21,03
	C4	8,26	21,03
	C5	14,43	36,73
	C6	5,73	14,59

Tabla 21. Comparación intensidades de cortocircuito seccionador Alstom SG3C.

Así de esta forma decimos que el seccionador ALSTOM SGC3 (Lado 220 kV) cumplen perfectamente con las corrientes permanentes de cortocircuito.

2.10. DIMENSIONADO Y ELECCIÓN DE AUTOVALVULAS

Se pretende coordinar el aislamiento del conjunto de la aparamenta con los niveles de protección de los pararrayos a instalar, así como calcular la distancia, medida a lo largo de las conexiones, que protegen dichos pararrayos comprobando así su correcto funcionamiento.

Las consideraciones técnicas para la elección de este tipo de pararrayos es la siguiente:

- Determinar la máxima tensión de operación del sistema de los pararrayos.
- Considerar las sobretensiones temporales de onda 50 Hz, de tiempo apreciable (faltas a tierra, cortocircuitos,...).



SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN 220/20 KV PARA LA EVACUACIÓN DE ENERGÍA DE DOS PLANTAS TERMOSOLARES

Álvaro Barrios San José

- Elegir el tipo de pararrayos en función de los valores obtenidos en los dos puntos anteriores.
- Verificar la coordinación de aislamiento a proteger con el nivel de protección del pararrayos.

Las autoválvulas seleccionadas para la instalación de 220 kV tienen las siguientes características básicas:

- MarcaTRIDELTA
- ModeloSB 198
- Intensidad nominal de descarga 10 KA
- Tensión normal de servicio 158 kV
- Tensión máxima de servicio 198 kV
- Tensión máxima a frecuencia industrial a tierra 475 kV
- Frecuencia50 Hz
- Línea de fuga mínima 25 mm/kV
- Intensidad limite dinámica (cresta) 100 kA
- Corriente de cortocircuito40 kA

Las autoválvulas seleccionadas para la instalación de 20 kV tienen las siguientes características básicas:

- MarcaTRIDELTA
- ModeloSB 18
- Intensidad nominal de descarga 10 KA
- Tensión normal de servicio 14,4 kV
- Tensión máxima de servicio 18 kV
- Tensión máxima a frecuencia industrial a tierra 45,5 kV
- Frecuencia50 Hz



- Línea de fuga mínima 25 mm/kV
- Intensidad límite dinámica (cresta) 100 kA
- Corriente de cortocircuito 40 kA

Determinación de U_c

U_c es la máxima tensión permisible, a frecuencia industrial que puede aplicarse de forma continua entre los terminales del pararrayos.

$$U_c = \frac{U_m}{\sqrt{3}} \quad (19)$$

Donde:

U_c Máxima tensión permisible, en kV.

U_m Máxima tensión del sistema, en kV.

Para autoválvula de 220 kV:

$$U_c = \frac{198}{\sqrt{3}} = 114,31 \text{ kV}$$

Para autoválvula de 20 kV:

$$U_c = \frac{18}{\sqrt{3}} = 10,39 \text{ kV}$$

U_c será siempre mayor o igual a la tensión eficaz fase-tierra máxima del sistema, esto implica que la autoválvula seleccionada para la instalación de 220 kV debe tener una U_c superior a 114,31 kV y para la instalación de 20 kV una U_c superior a 10,39 kV.



Nivel de contaminación

El nivel de contaminación determina la longitud de la línea de fuga del pararrayos. Para la ubicación del sistema, con niveles de contaminación fuertes, la IEC fija líneas de fuga de 25mm/kV (Um).

Capacidad de alivio de presión

Se trata de la capacidad de soportar corriente de falta. Lo habitual es que el pararrayos tenga una capacidad mayor que la máxima corriente de falta a través del pararrayos en el punto de instalación del mismo. En este caso dicha corriente no es mayor de 40 kA.

Corriente de cortocircuito autoválvula TRIDELTA SB198 (kA)	Corriente de cortocircuito autoválvula TRIDELTA SB18 (kA)	Puntos cortocircuito	Corriente permanente de cortocircuito (kA)	Valores de la corriente máxima de choque (kA)
40	40	C1	2,62	6,67
		C2	5,25	13,36
		C3	8,26	21,03
		C4	8,26	21,03
		C5	14,43	36,73
		C6	5,73	14,59

Tabla 22. Comparación intensidades cortocircuito autoválvulas Tridelta SB198 y SB18.

Así de esta forma decimos que la autoválvula TRIDELTA SB198 (lado 220 kV) y la autoválvula TRIDELTA SB18 (lado 20 kV) cumplen perfectamente con las corrientes permanentes de cortocircuito.

2.11. DIMENSIONADO Y ELECCION DE TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD

Para el conjunto de medida y control de la subestación y en función de los grandes valores de tensión y de intensidad se hace necesario el uso de transformadores para medida y protección.



SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN 220/20 KV PARA LA EVACUACIÓN DE ENERGÍA DE DOS PLANTAS TERMOSOLARES

Álvaro Barrios San José

Las principales características para la elección de un transformador para medida y protección es la siguiente:

- Dimensionado del aislamiento.
- Precisión en reproducción de las magnitudes.
- Calentamiento del equipo y capacidad de sobrecargas.

Las zonas a instalar estos equipos son las siguientes:

- Zona de entrada, donde los transformadores de medida alimentan los equipos, así como las protecciones de entrada a la subestación.
- Zona de medida, donde tenemos las protecciones y medida de las diferentes líneas transformadores de potencia.

Los transformadores de intensidad seleccionados para esta instalación tienen las siguientes características básicas:

- Marca ARTECHE
- Modelo CA-245
- Servicio Intemperie
- Tensión normal de servicio 220 kV
- Tensión máxima de servicio 245 kV
- Tipo de aislamiento Papel-aceite
- Intensidad límite térmica (1 segundo) 40 kA
- Intensidad límite dinámica 100 kA
- Nivel de aislamiento:
- A frecuencia industrial 1 minuto 460 kV



- A impulso 1.050 kV
- Relación de transformación
- Posición de línea 1000-2000 / 5-5-5-5 A
- Posición de transformador 200-400 / 5-5-5-5 A

Según la REE en el apartado 3.2.1 en lo relativo a la potencia de cortocircuito se dice: “Los valores de diseño en las instalaciones conectadas a la red de transporte serán como mínimo de 50 kA en 400 kV y 40 kA en 220 kV”, en nuestro caso al ser una instalación de 220 kV tendremos que buscar protecciones de intensidades de cortocircuito de 40 kA.

Corriente de cortocircuito transformador de intensidad ARTECHE CA-245 (kA)	Puntos cortocircuito	Corriente permanente de cortocircuito (kA)	Valores de la corriente máxima de choque (kA)
40	C1	2,62	6,67
	C2	5,25	13,36
	C3	8,26	21,03
	C4	8,26	21,03
	C5	14,43	36,73
	C6	5,73	14,59

Tabla 23. Comparación intensidad cortocircuito transformador intensidad Artech CA245.

Así de esta forma decimos que el transformador de intensidad ARTECHE CA-245 (posición de línea y posición de transformador 220 kV) cumplen perfectamente con las corrientes permanentes de cortocircuito.

2.12. DIMENSIONADO Y ELECCIÓN DEL TRANSFORMADOR DE TENSION

Los transformadores de tensión seleccionados para esta instalación tienen las siguientes características básicas:

- Marca ARTECHE



SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN 220/20 KV PARA LA EVACUACIÓN DE ENERGÍA DE DOS PLANTAS TERMOSOLARES

Álvaro Barrios San José

- Modelo UTF-245
- Servicio Intemperie
- Tensión normal de servicio 220 kV
- Tensión máxima de servicio 245 kV
- Tipo de aislamiento Papel-aceite
- Intensidad límite térmica (1 segundo) 40 kA
- Intensidad límite dinámica 100 kA

Nivel de aislamiento:

- A frecuencia industrial 1 minuto 460 kV
- A impulso 1.050 kV

Según la REE en el apartado 3.2.1 en lo relativo a la potencia de cortocircuito se dice: “Los valores de diseño en las instalaciones conectadas a la red de transporte serán como mínimo de 50 kA en 400 kV y 40 kA en 220 kV”, en nuestro caso al ser una instalación de 220 kV tendremos que buscar protecciones de intensidades de cortocircuito de 40 kA.

Corriente de cortocircuito transformador de intensidad ARTECHE UTF-245 (kA)	Puntos cortocircuito	Corriente permanente de cortocircuito (kA)	Valores de la corriente máxima de choque (kA)
40	C1	2,62	6,67
	C2	5,25	13,36
	C3	8,26	21,03
	C4	8,26	21,03
	C5	14,43	36,73
	C6	5,73	14,59

Tabla 24. Comparación intensidad cortocircuito transformador intensidad Artech UTF245.



Así de esta forma decimos que el transformador de intensidad ARTECHE UTF-245 (Posición de línea y posición de barra) cumplen perfectamente con las corrientes permanentes de cortocircuito.

2.13. DIMENSIONADO Y ELECCION TRANSFORMADOR SERVICIOS AUXILIARES

Para el consumo propio de la instalación se instalarán dos transformadores de 20/0,4 kV de 100 kVA de potencia, alimentados de dos líneas de 20 kV cada una.

Estos transformadores tienen un uso como disponer de una alimentación de emergencia como para alimentar cada uno de los equipos de la subestación.

Los transformadores de servicios auxiliares seleccionados para esta instalación tienen las siguientes características básicas:

- Marca IMEFY
- Modelo 100 C
- Potencia nominal..... 100 kVA
- Servicio Intemperie
- Tensión primaria 20 kV
- Tensión secundaria 420 V
- Regulación en carga No
- Grupo de conexión..... Dyn11
- Tensión más elevada del material..... 24 kV
- Tensión de ensayo 50 kV
- Perdidas en vacío 260 W
- Perdidas en carga (75°C) 1750 W



- Tensión de cortocircuito 4 %
- Potencia acústica..... 54 dBA
- Distancias entre ejes 520 mm
- Peso..... 790 Kg

Corriente de cortocircuito transformador de servicios auxiliares IMEFY 100 C (kA)	Puntos cortocircuito	Corriente permanente de cortocircuito (kA)	Valores de la corriente máxima de choque (kA)
40	C1	2,62	6,67
	C2	5,25	13,36
	C3	8,26	21,03
	C4	8,26	21,03
	C5	14,43	36,73
	C6	5,73	14,59

Tabla 25. Comparación intensidad cortocircuito transformador servicios aux Imefy 100C.

El transformador de servicios auxiliares viene protegido por la celda de servicios auxiliares la cual soporta una intensidad de cortocircuito de 40 kA así de esta forma decimos que el transformador de servicios auxiliares IMEFY 100 C cumplen perfectamente con las corrientes permanentes de cortocircuito.

2.14. DIMENSIONADO Y ELECCION DE CELDAS 20 KV

Se instalan 17 celdas de 20 kV de tipo encapsulado metálico cumpliendo con la denominación de aparamenta eléctrica, de aislamiento SF₆, esquema de doble barra con acoplamiento transversal.

El fabricante elegido de las celdas es SIEMENS modelo 8DA10 para doble barra. Las celdas se instalaran agrupadas en hileras según la disposición unifilar distribuidas de la siguiente manera:



SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN 220/20 KV PARA LA EVACUACIÓN DE ENERGÍA DE DOS PLANTAS TERMOSOLARES

Álvaro Barrios San José

- 10 celdas de línea.
- 2 celdas del transformador.
- 1 celda de batería de condensadores.
- 2 celdas de servicios auxiliares.
- 1 celdas de medida de tensión en barras
- 1 celda de acoplamiento transversal.

Las celdas de 20 kV seleccionadas para esta instalación tienen las siguientes características básicas:

- Marca SIEMENS
- Modelo 8DA10
- Tensión asignada (U_r) 24 kV
- Tensión soportada corta duración (U_d) 50 kV
- Tensión soportada impulso tipo rayo (U_p) 125 kV
- Frecuencia 50 Hz
- Corriente asignada en servicio continuo para embarrado 5000 A
- Temperatura del aire ambiente -5°C/55°C
- Corriente admisible asignada de corta duración (I_k) 40 kA
- Valor de cresta de la corriente admisible (I_p) 100 kA
- Corriente asignada de corte en cortocircuito (I_{sc}) 40 kA
- Corriente asignada de cierre en cortocircuito (I_{sc}) 100 kA



Corriente de cortocircuito celda de 20 kV SIEMENS 8DA10 (kA)	Puntos cortocircuito	Corriente permanente de cortocircuito (kA)	Valores de la corriente máxima de choque (kA)
40	C1	2,62	6,67
	C2	5,25	13,36
	C3	8,26	21,03
	C4	8,26	21,03
	C5	14,43	36,73
	C6	5,73	14,59

Tabla 26. Comparación intensidad cortocircuito celdas de 20 kV Siemens 8DA10.

Así de esta forma decimos que las celdas SIEMENS 8DA10 cumplen perfectamente con las corrientes permanentes de cortocircuito.

2.15. CÁLCULO DISTANCIAS DE SEGURIDAD

Por lo que se refiere a las distancias de seguridad entre conductores al aire, los únicos conductores aéreos son aquellos que se encuentran en la zona de intemperie, ya que los conductores que se encuentran a 20 kV, no se les aplicara las distancias mínimas en el aire, al ser conductores subterráneos.

En la subestación las distancias mínimas vienen determinadas por los niveles de aislamiento, según MIE-RAT 12.

Estos valores son los mínimos determinados por consideraciones de tipo eléctrico, por lo que en ciertos casos deben de ser incrementados para tener en cuenta otros conceptos, como tolerancias de construcción, efectos de cortocircuitos, efectos del viento...etc.

Distancia de los conductores al terreno

La altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores con su máxima flecha vertical, queden situados por encima de cualquier punto del terreno superficies de agua no navegables a una altura mínima de:

$$5,3 + \frac{U}{150} \text{ metros} \quad (20)$$



Con un mínimo de 6 metros.

Distancia de los conductores entre sí, y entre estos y los apoyos

La distancia de los conductores sometidos a tensión mecánica entre sí, así como entre estos y los apoyos, debe ser tal que no haya ningún riesgo de cortocircuito ni entre fases ni a tierra, teniendo presente los efectos de las oscilaciones de los conductores debidas al viento.

Así la separación mínima entre conductores será por la siguiente formula:

$$D = K \times \sqrt{F \times L} + \frac{U}{150} \quad (21)$$

Donde:

- D Separación entre conductores, en m.
- K Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento (tabla).
- F Flecha máxima, en metros (según el apartado 3 del artículo 27 del RAT.
- L Longitud, en metros de la cadena de suspensión (en el caso de conductores fijados al apoyo por cadenas de amarre o aisladores, L=0).
- U Tensión nominal de la línea, en kV

ANGULO DE OSCILACION	VALORES DE K	
SUPERIORES A 65°	0,7	0,65
COMPRENDIDO ENTRE 40° Y 65°	0,65	0,6
INFERIOR A 40°	0,6	0,55

Tabla 27. Coeficiente según el ángulo de oscilación con el viento.



La separación mínima entre los conductores y sus accesorios en tensión y los apoyos

Estos no serán inferior a:

$$0,1 + \frac{U}{150} \text{ metros} \quad (22)$$

con un mínimo de 0,2 metros.

Altura de los conductores al terreno

La altura de los conductores de 220 kV al terreno se calcula con la ecuación anterior, teniendo en cuenta que sea cual sea el resultado deberá de ser de 6 metros como mínimo, según la ecuación (20), será de:

$$5,3 + \frac{220}{150} \text{ metros} = 6,8 \text{ metros}$$

Distancia mínima de los conductores de 220 kV al terreno

Se escoge como coeficiente K, el valor más desfavorable que corresponde a un ángulo de oscilación superior a 65°.

Los valores de las flechas máximas quedan recogidas en el apartado de cálculo mecánico de las líneas, según el apartado 3 del artículo 27 capítulo sexto del R.A.T.

La longitud de la cadena de suspensión viene definida por su apartado de 1,5 metros.

CONDUCTORES	COEFICIENTE DE OSCILACION K	FLECHA MÁXIMA (m)	CADENA DE SUSPENSIÓN (m)	TENSION NOMINAL (Kv)	DISTANCIA MÍNIMA (m)
EMBARRADO DE 20 Kv	0,7	0,031	1,5	220	2,354
LINEAS A TRANSFORMADORES DE 40 MVA	0,7	0,08	1,5	220	2,346

Tabla 28. Distancias mínimas entre los conductores de 220 kV.



Separación mínima de los conductores entre si

La altura de los conductores de 220 kV entre si se calcula con la ecuación puesta a continuación, teniendo en cuenta que sea cual sea el resultado deberá de ser de 0,2 metros como mínimo, según la ecuación (22), será de:

$$0,1 + \frac{220}{150} \text{ metros} = 1,57 \text{ metros}$$

2.16. CÁLCULO DE PUESTA A TIERRA

La puesta a tierra de la subestación consiste pues en la unión de todas las partes metálicas no activas de forma que no aparezcan peligrosas gradientes de tensión para personas y maquinaria.

Las corrientes de defecto al circular por tierra hacen que aparezcan diferencias de potencial entre puntos. De tal forma, la malla o red de tierras, consigue crear una superficie “equipotencial” reduciendo las tensiones de paso y contacto a valores admisibles para la seguridad de las personas (ITC-13 del MIE-RAT).

De esta manera la puesta a tierra pretende limitar las tensiones de paso y de contacto y asegurar la correcta actuación de las protecciones, canalizando hacia tierra corrientes de origen atmosférico o de defecto, siendo la protección de las personas la mayor prioridad de todas.

La ITC-13 del MIE-RAT establece que la máxima tensión de contacto aplicable al cuerpo humano depende del tiempo de actuación.

$$V_{ca} = \frac{k}{t^n} \quad (23)$$

Donde:

V_{ca} Tensión aplicada, en V.



t Duración de la falta, en s.

k y n Constantes función del tiempo.

0,1 ≤ t ≤ 0,9 para k = 72 y n = 1

0,9 < t ≤ 3 para k = 78,5 y n = 0,18

3 < t < 5 para V_{ca} = 64 V

t > 5 para V_{ca} = 50 V

A partir de la ecuación anterior se deduce las expresiones de tensiones máximas admisibles de contacto (entre mano y pies) y paso (entre pies considerando una separación de 1 metro) y que se pueden calcular como:

$$V_p = \frac{10k}{t^n} \times \left(1 + \frac{6\rho_s}{1000}\right) \quad (24)$$

$$V_p = \frac{k}{t^n} \times \left(1 + \frac{1,5\rho_s}{1000}\right) \quad (25)$$

La tensión máxima admisible de contacto es diez veces inferior a la de paso al atravesar órganos vitales como el corazón. La Ilustración 24 muestra un dibujo explicativo.

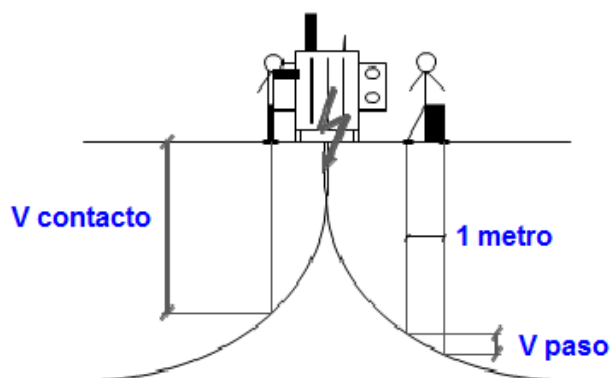


Ilustración 24. Tensión de contacto y tensión de paso.



De acuerdo a la MIE-RAT 13 en su apartado 3.1. los conductores empleados en las líneas de tierra tendrán una resistencia mecánica adecuada y ofrecerán una elevada resistencia a la corrosión. A efectos del dimensionado de las secciones, el tiempo mínimo a considerar para la duración del defecto a la frecuencia de la red será de 1 segundo, y no podrán superarse las siguientes densidades de corriente:

- Cobre 160A/mm²

Sin embargo nunca se admitirán secciones inferiores de 25 mm² en el caso del cobre donde los valores anteriores corresponden a una temperatura final de 200 °C, pudiendo admitirse una temperatura de hasta 300 °C siempre y cuando no haya riesgo de incendio

Sin embargo, los electrodos de la puesta a tierra tendrán una sección mínima de 50 mm² para conductores de cobre.

Para el cálculo de la resistencia del electrodo de tierra, la malla de la subestación tendrá una resistencia de:

$$R = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L} \quad (26)$$

Donde:

R	Resistencia de malla de puesta a tierra (Ω).
r	Radio equivalente de la circunferencia de superficie, igual que al que abarca la malla de puesta a tierra (m).
ρ	Resistividad del terreno en el que se encuentra enterrada la malla ($\Omega \cdot m$).
L	Longitud total de los conductores (m).

2.16.1. CONSIDERACIONES DEL CÁLCULO

Para el cálculo de la red de tierras se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:



- Las dimensiones de la malla de tierra son de 95x85 m.
- La corriente de cortocircuito más elevada corresponde al cortocircuito trifásico de valor 14,43 kA (punto 2.5.4 tabla 8).
- La subestación se encontrará hormigonada superficialmente por lo que se considerará un resistividad superficial de 3000 Ω .m.
- De acuerdo al estudio geotécnico de las tierras inferiores a la superficie donde se instalará la malla de tierra se obtuvieron las siguientes lecturas: Las tierras presentan una resistividad de 100 Ω .m en una capa que se puede considerar homogénea hasta la totalidad de la profundidad de la subestación.
- La profundidad de la malla es de 1 m respecto la capa superficial de hormigón.
- El tiempo máximo de despeje de una falta será de 0,5 segundos de acuerdo a los sistemas de protección ajustados (sistema 2SP+2C de REE) lo que corresponde a unas constantes de $k=72$ y $n=1$ para el cálculo de tensiones máximas admisibles (contacto y paso).
- Se usará la norma IEEE-80 para el cálculo de las tensiones de paso y contacto y se contrastarán con las admisibles por el MIE-RAT.
- El conductor de la malla será cobre desnudo y las soldaduras serán aluminotérmicas.
- No se consideraran los efectos de la temperatura sobre la resistividad del suelo. Es decir, la resistividad superficial y del terreno permanecerán constantes.

2.16.2.DATOS DE PARTIDA

Los datos de partida para el cálculo de la red de tierra son los siguientes:

- Dimensiones de la malla, 95x85 m
- Tiempo despeje, $t = 0,5s$
- Resistividad del terreno donde se instalará la malla, $\rho_s = 100 \Omega \cdot m$
- Resistividad del hormigón, $\rho = 3000 \Omega \cdot m$



La máxima corriente de cortocircuito se producirá con las dos líneas y los dos transformadores de potencia en paralelo, conectados simultáneamente. La corriente de cortocircuito más elevada corresponde al cortocircuito trifásico de valor 14,43 kA (punto 2.5.4 tabla 8)

De acuerdo con el MIE-RAT 13 del reglamento de alta tensión, el valor de la intensidad de puesta a tierra a disipar por la malla, será el correspondiente a aplicar un factor de reducción de 0,7 para instalaciones de 110 kV o más kV, con el neutro rígido a tierra.

Así de este modo:

$$I_F = 0,7 * 14430 = 10101 A$$

Calculando la sección mínima de conductor de cobre por densidad de corriente se obtiene:

$$S_{min} = \frac{I_F}{160} = \frac{10101}{160} = 63,13 mm^2$$

Teniendo en cuenta que cada punto de puesta a tierra se ofrece dos caminos de circulación de la corriente se adoptara un conductor con mayor sección. El conductor elegido tendrá una sección de 95mm²

Así pues las líneas de tierra estarán conformadas por dos conductores de Cu de 95 mm² mientras que el electrodo de tierra por uno de 95 mm² al bifurcarse la corriente de defecto por la malla como mínimo entre dos puntos.

	Sección de Cu a instalar	Sección de Cu mínima
Línea de tierra	2x95	> 25
Electrodo	95	> 50

Tabla 29. Selección del conductor a instalar.



Siendo el electrodo de la malla de tierra de Cu de sección de 95 mm², el diámetro de dicho conductor será:

$$\phi = 2 \times \sqrt{\frac{S}{\pi}} = 2 \times \sqrt{\frac{95}{\pi}} = 10,99 \text{ mm}^2 \quad (27)$$

La malla se dispondrá hasta de 1,5 metros fuera de la subestación, poniendo a tierra todas las mallas metálicas cerramientos de la subestación. De tal forma la superficie de la red de tierras se extenderá a través de una superficie de 95 x 85 m.

Se realizaran retículas de 10 x 10 metros, por lo que:

$$D = 10 \text{ metros}$$

El número de conductores paralelos en una dirección, n, serán:

Número de conductores paralelos horizontales, n₁:

$$n_1 = \frac{95}{10} + 1 = 10,5 \text{ conductores}$$

Número de conductores paralelos verticales, n₂:

$$n_2 = \frac{85}{10} + 1 = 9,5 \text{ conductores}$$

De tal forma la longitud total de los conductores, L, será:

$$L = n_1 \times b + n_2 \times a = 10,5 \times 95 + 9,5 \times 85 = 1805 \text{ metros} \quad (28)$$



2.16.3. TENSIONES DE PASO Y DE CONTACTO REALES

De acuerdo a la IEE-80 la tensión de paso (E_p) y de contacto (E_c) en voltios resultantes por n_1 :

$$E_p(n_1) = K_p \times K_i \times \rho \times \frac{I_f}{L} \quad (29)$$

$$E_c(n_1) = K_m \times K_i \times \rho \times \frac{I_f}{L} \quad (30)$$

Donde:

E_p	Tensión de paso real, en voltios.
K_p	Coeficiente de paso.
K_i	Factor de corrección de corriente de paso a tierra.
ρ	Resistividad del terreno, en $\Omega \cdot m$.
I_f	Corriente de malla, en A.
L	Longitud total del conductor enterrado, en metros.

$$K_p = \frac{1}{\pi} \left(\frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{2D} + \frac{1}{3D} + \dots + \frac{1}{(n_1-1)D} \right) \quad (31)$$

$$K_i = 0,65 + 0,172 \times n_1 \quad (32)$$

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \ln \left(\frac{D^2}{16h\phi} \right) + \frac{1}{\pi} \ln \left(\frac{3}{4} \times \frac{5}{6} \times \frac{7}{8} \times \dots \times \frac{(2n_1-3)}{(2n_1-2)} \right) \quad (33)$$



Donde:

h Profundidad de la malla enterrada, en metros..

D Espacio entre ejes de conductores paralelos (D=10m), en metros.

n₁ Número de conductores paralelos horizontales.

Según la ecuación (31):

$$Kp = \frac{1}{\pi} \left(\frac{1}{2 \times 1} + \frac{1}{10 + 1} + \frac{1}{2 \times 10} + \frac{1}{3 \times 10} + \dots + \frac{1}{(10,5 - 1)10} \right) = 0,217$$

Según la ecuación (32):

$$Ki = 0,65 + 0,172 \times 10,5 = 2,456$$

Según la ecuación (33):

$$Km = \frac{1}{2\pi} \ln \left(\frac{10^2}{16 \times 1 \times 0,01099} \right) + \frac{1}{\pi} \ln \left(\frac{3}{4} \times \frac{5}{6} \times \frac{7}{8} \times \dots \times \frac{(2 \times 10,5) - 3}{(2 \times 10,5) - 2} \right) = 0,4806$$

Según la ecuación (29) y (30):

$$Ep (n_1) = 0,217 \times 2,456 \times 100 \times \frac{10101}{1805} = 298,24 V$$



$$Ec(n_1) = 0,4806 \times 2,4560 \times 100 \times \frac{10101}{1805} = 660,54 V$$

La tensión de paso (E_p) y la tensión de contacto (E_c) en voltios resultantes por n_2 :

$$Ep(n_2) = Kp \times Ki \times \rho \times \frac{If}{L} \quad (34)$$

$$Ec(n_2) = Km \times Ki \times \rho \times \frac{If}{L} \quad (35)$$

Donde:

$$Kp = \frac{1}{\pi} \left(\frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{2D} + \frac{1}{3D} + \dots + \frac{1}{(n_2-1)D} \right) \quad (36)$$

$$Ki = 0,65 + 0,172 \times n_2 \quad (37)$$

$$Km = \frac{1}{2\pi} \ln \left(\frac{D^2}{16h\phi} \right) + \frac{1}{\pi} \ln \left(\frac{3}{4} \times \frac{5}{6} \times \frac{7}{8} \times \dots \times \frac{(2n_2-3)}{(2n_2-2)} \right) \quad (38)$$

Según la ecuación (36):

$$Kp = \frac{1}{\pi} \left(\frac{1}{2 \times 1} + \frac{1}{10+1} + \frac{1}{2 \times 10} + \frac{1}{3 \times 10} + \dots + \frac{1}{(9,5-1)10} \right) = 0,218$$



Según la ecuación (37):

$$Ki = 0,65 + 0,172 \times 9,5 = 2,284$$

Según la ecuación (38):

$$Km = \frac{1}{2\pi} \ln \left(\frac{10^2}{16 \times 1 \times 0,01099} \right) + \frac{1}{\pi} \ln \left(\frac{3}{4} \times \frac{5}{6} \times \frac{7}{8} \times \dots \times \frac{(2 \times 9,5) - 3}{(2 \times 9,5) - 2} \right) =$$
$$= 0,4761$$

Según la ecuación (34) y (35):

$$Ep (n_1) = 0,218 \times 2,284 \times 100 \times \frac{10101}{1805} = 278,63 V$$

$$Ec (n_1) = 0,4761 \times 2,284 \times 100 \times \frac{10101}{1805} = 608,53 V$$

Las tensiones de paso y contacto serán las más desfavorables entre n_1 y n_2

TENSIÓN DE PASO REAL (V)	298,24
TENSIÓN DE CONTACTO REAL (V)	660,54

Tabla 30. Tensión de paso y contacto reales



2.16.4. TENSIONES DE PASO Y CONTACTO ADMISIBLES

Según la ITC-13 del MIE-RAT y de acuerdo con los datos de partida, las tensiones admisibles son:

Tensión de paso admisible, según la ecuación (24):

$$V_p = \frac{10k}{t^n} \times \left(1 + \frac{6\rho_s}{1000}\right) = \frac{10 \times 72}{0,5^1} \times \left(1 + \frac{6 \times 3000}{1000}\right) = 27360 \text{ V}$$

Tensión de contacto admisible, según la ecuación (25):

$$V_c = \frac{k}{t^n} \times \left(1 + \frac{1,5\rho_s}{1000}\right) = \frac{72}{0,5^1} \times \left(1 + \frac{1,5 \times 3000}{1000}\right) = 792 \text{ V}$$

A continuación se comprueba que las tensiones de paso y contacto de la malla de puesta a tierra son menores que las admisibles:

	Calculada según la IEE-80	Admisible según la MIE-RAT 13
Tensión de paso (V)	298,24	27360
Tensión de contacto (V)	660,54	792

Tabla 31. Admisibilidad de las tensiones de paso y contacto calculadas

2.16.5. RESISTENCIA DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA

La superficie equivalente de la malla es:

$$A = a \times b = 95 \times 85 = 8075 \text{ m}^2$$

El radio equivalente de la circunferencia de superficie igual al área de la malla resulta:



$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{8075}{\pi}} = 50,698 \text{ m} \quad (39)$$

Al tratarse de una malla conformada con conductores enterrados, la resistencia de la misma se calcula según la tabla 2 de la ITC-13 del MIE-RAT, según la ecuación (26):

$$R = \frac{100}{4 \times 50,698} + \frac{100}{1805} = 0,548 \Omega$$



3. PRESUPUESTO



SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN 220/20 KV PARA LA EVACUACIÓN DE ENERGÍA DE DOS PLANTAS TERMOSOLARES

Álvaro Barrios San José

3. PRESUPUESTO SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN 220/20 KV

POS.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD		PRECIO	
		PARCIAL	TOTAL	UNITARIO	TOTAL
CAPÍTULO 1.: OBRA CIVIL					
1.1.- Preparación del Terreno					
1.1.1	Desbroce y limpieza por medios mecánicos del terreno superficial en capas de espesor fariable, dejando la superficie adecuada para realizar posteriores trabajos y ajustándose a las directrices de la dirección facultativa. Se eliminarán plantas, escombros y todos aquellos elementos que obstaculicen el posterior desarrollo de los trabajos previstos incluida carga y reutilización en taludes o transporte a vertedero autorizadao de los productos sobrantes de la excavación, sin límite de distancia, vertido y extendido si fuese necesario, incluso canon de vertido y p.p. de achiche de agua, limpieza y medios auxiliares, ejecutado de acuerdo a pliegos generales y particular. Medido sobre plano. SE incluye en esta partida la p.p. de bombeos necesarios y las acutaciones de drenajes necesarias para mantener la hidrología de la zona, evitado la generación de barreras.	1	1	9.750,56	9.750,56
1.1.2	Relleno en la parcela, mediante materiales granulares clasificados como adecuados o seleccionados de acuerdo con el PG3, para realización de explanada mejorada. Éstos se compactarán en tongadas de 30 cm como máximo, hasta alcanzar una densidad de compactación equivalente al 95% del PM. El expesor de esta capa será el necesario, para que una vez eleiminada la cobertura vegetal, se pueda alcanzar la cota de Nivel del Terreno Explanado (cota -0,15 m). Se incluye en esta partida la p.p. de bombeos necesariotas para mantener la hidrología de la zona, evitandola.	1	1	56.553,26	56.553,26
1.1.3	Ud. Ralización in situ de 2 ensayos en puntos a determinar para determinar para determinación de densidad tipo Próctor Modificado (PM) en terrenos relleno. Uno de ellos se realizará al 50 % de compactación, y el otro una vez finalizada la misma.	1	1	690,00	690,00
1.1.4	Ud. realización de tres sondeos en la zona de cimentación de zapatas del nuevo edificio prefabricado, bancadas de los transformadores y emplazamiento del monolito, así como un penetrómetro en zona de cimentación de apartamanta.	1	1	862,50	862,50
1.1.5	Suministro y extendido de capa de grava de espesor 10 cm extendida en el parque de intemperie con una granulometría 20/40 de acuerdo a Pliegos Generales y Particular, totalmente colocada.	1	1	6.440,00	6.440,00
1.1.6	m³. Excavación a cielo abierto en terreno compactado clasificado como tolerable, adecuado o seleccionado según PG3, en plataforma y camino de acceso, realizada por medios mecánicos, carga y transporte a vertedero autorizado de los productos resultantes de la excavación, hasta una distancia máxima de 10 km de la obra (recorrido total 20 km), vertido y extendido si fuese necesario, incluso canon de vertido y p.p. de achique de agua, limpieza y medios auxiliares.	1	1	92.862,50	92.862,50
IMPORTE TOTAL SUBCAPÍTULO 1.1.:					167.158,83



SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN 220/20 KV PARA LA EVACUACIÓN DE ENERGÍA DE DOS PLANTAS TERMOSOLARES

Álvaro Barrios San José

<u>1.2.- Accesos Viales:</u>					
1.2.1	m ² . Ejecución de viales interiores de la Subestación de base bituminosa de dimensiones y características según planos de proyecto que incluye excavación en formación de caja para vial, refino, nivelación y compactación del fondo de la excavación, retirada de los materiales sobrantes, suministro y extendido de las distintas capas constituyentes, formación de pendientes, suministro y colocación de bordillos laterales de hormigón y su correspondiente base de asiento, p.p. de ensanches en cambios de dirección, así como todos aquellos trabajos, suministro y medios auxiliares necesarios para la correcta ejecución de la partida	690	690	51,75	35.707,50
1.2.2	Ud. ejecución de vial de rodadura de transformadores de características según planos de proyecto que incluye la excavación, suministro, extendido y compactación de las distintas capas constituyentes, suministro y vertido del hormigón, ferralla, encofrados carriles de 54 kg/m necesarios para el transporte de las unidades hasta bancada, placas de apoyo para la descarga, p.p. de encuentros con viales y canales de cables, colocación de pernos y placas de apoyo de carriles, nivelación, colocación de pernos para anclaje de los soportes de apartamento de 220 kV, tubos, muertos de arrastre de las unidades así como todos aquellos trabajos, suministros y medios auxiliares necesarios para la correcta ejecución de la partida.	1	1	46.000,00	46.000,00
1.2.3	Construcción de muro de contención de hormigón armado que incluye, sin carácter limitativo: excavación del trasdado y cimentación, en cualquier tipo de terreno con medios mecánicos, suministro y colocación de hormigón de limpieza, armadura de cualquier diámetro, hormigón, encofrados, tubos dren, lámina drenante y geotextil, relleno granular, relleno de trasdós, carga y transporte a vertedero autorizado de los productos sobrantes, sin límite de distancia, vertido y extendido si fuese necesario, incluso canon de vertido y p.p. de achique de agua, limpieza y medios auxiliares, ejecutado de acuerdo a Pliegos Generales y Particular y según características y detalles constructivos indicados en Planos del proyecto, totalmente terminada.	1	1	34.931,25	34.931,25
IMPORTE TOTAL SUBCAPÍTULO 1.2.:					116.638,75



SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN 220/20 KV PARA LA EVACUACIÓN DE ENERGÍA DE DOS PLANTAS TERMOSOLARES

Álvaro Barrios San José

1.3.- Drenajes:					
1.3.1	P/A. Suministro y ejecución de red de drenajes según planos de proyecto que incluye canal sumidero en el acceso a la Subestación con rejilla de fundición de alta resistencia para paso de vehículos, bajantes prefabricadas de hormigón, tubos dren de PEHD en zanja de gravas o bajo canal de cables por el interior de la Subestación, colectores hasta el punto de desagüe que se determine, p.p. de arquetas de ventilación, bajo canal de cables, de paso de conexión, de registro, de recogida de bajantes del edificio, etc., y todos aquellos trabajos, suministro y medios auxiliares necesarios para la correcta ejecución de la partida.	1	1	23.000,00	23.000,00
1.3.2	Ud. Vertedero con solera y aletas a 15° con el eje del tubo de desagüe, según planos de proyecto, que incluye, excavación, refino, compactación del fondo de la excavación, suministro y colocación de armadura requerida en planos, de cualquier diámetro, encofrados y hormigón, formación de pendientes, playa de grava, relleno compactado con material procedente de la excavación, retirada de productos sobrantes a vertedero, y todos aquellos trabajos, suministros y medios auxiliares necesarios para la correcta ejecución de la partida.	1	1	2.127,50	2.127,50
1.3.3	Ud. Depósito para recogida de aceite de 60 m ³ de capacidad, según planos de proyecto, que incluye excavación, refino, compactación y nivelación del fondo de excavación y posterior relleno de la sobreexcavación con material procedente de la misma, retirada del material sobrante a vertedero, suministro y colocación de hormigón de limpieza, suministro y colocación de armaduras de diámetros según planos, separadores, encofrado, apuntalamiento y entibación, suministro, vertido, vibrado y curado del hormigón armado, formación de pendientes interiores, realización de huecos impermeabilización exterior en contacto con el terreno, con dos capas de pintura epoxibitumen "Bitupox" de Bettor, sobre imprimación diluida del mismo producto, e impermeabilización interior y exterior vista con dos capas de pintura epoxi "Apoten F" de Bettor sobre imprimación ligera del mismo producto, suministro y colocación de tuberías de acero inoxidable, accesorios, perfiles metálicos, tapas, rejillas, etc., y todos aquellos trabajos, suministro y medios auxiliares necesarios para la correcta ejecución de la partida. El tratamiento del vaso del depósito deberá garantizar su impermeabilidad sin necesidad de mantenimiento.	1	1	23.575,00	23.575,00
1.3.4	P/A. Sistema de evacuación de líquidos desde los fosos de los transformadores hasta el depósito de recogida de aceite, formado por tubo acero inoxidable de 200 mm de diámetro, incluso p.p. de codos y derivaciones, arquetas intermedias en hormigón en masa HM-30 y fábrica de ladrillo macizo de 1/2 pie, p.p. de formación de pendientes, totalmente colocado, incluido el embebido y sellado de los tubos para el paso de muro del depósito de recogida, totalmente terminado.	1	1	6.532,00	6.532,00
1.3.5	P/A. Acometida de agua sanitaria al edificio desde la red pública de abastecimiento, que incluye suministro e instalación de tubería de polietileno de alta densidad de 10 atm de presión, incluso excavación y posterior relleno de la zanja debidamente compactada, cama de asiento de arena de río, arquetas de acometida y distribución, tapas de fundición, tubos de conexión con la red de drenaje, armario de contadores con la tapa en hornacina incluida esta, llaves de corte, de vaciado y antiretorno, contador, etc., y todos aquellos trabajos, suministros y medios auxiliares necesarios para la correcta ejecución de la partida. En caso de no ser posible el suministro desde la red pública el Contratista incluirá en su alcance un depósito enterrado de almacenamiento de agua de 5.000 litros con equipo de presión y dosificación automática de cloro.	1	1	6.900,00	6.900,00
1.3.6	P/A. Fosa séptica con tanque decantador-digestor y filtro biológico con capacidad para 5-7 personas. Incluye excavación y relleno con los materiales indicados en planos de proyecto, encofrados, suministro y vertido de hormigones, ferralla, sistema de tuberías y arquetas, suministro e instalación de fosa de fibra de vidrio reforzada con poliéster así como cuantos trabajos, suministros, equipo y medios auxiliares sean necesarios para la completa ejecución y acabado de la misma.	1	1	4.600,00	4.600,00
IMPORTE TOTAL SUBCAPÍTULO 1.3.:					66.734,50



SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN 220/20 KV PARA LA EVACUACIÓN DE ENERGÍA DE DOS PLANTAS TERMOSOLARES

Álvaro Barrios San José

1.4.- Cimentaciones:					
1.4.1	Ud. Cimentación armada para columna de pórtico de 220 kV, según planos de proyecto, que incluye excavación, refino y compactación del fondo de excavación, colocación de pernos, suministro y vertido de hormigón de limpieza, armadura de cualquier diámetro, hormigón encofrados, tubos de PEHD doble capa, de diámetro según planos, relleno compactado de la sobreexcavación con material procedente de la misma, retirada de los productos sobrantes a vertedero y todos aquellos trabajos, suministros y medios auxiliares necesarios para la correcta ejecución de la partida.	4	4	5.175,00	20.700,00
1.4.2	Ud. Realización de fundación para Trafo de Tensión 220 kV, incluyendo: excavación, refino y compactación del fondo de excavación, colocación de pernos, suministro y vertido de hormigón de nivelación y de hormigón en masa en primera y segunda fase, encofrados, tubos de PEHD doble capa, de diámetro según planos, relleno compactado de la sobreexcavación con material procedente de la misma, retirada de los productos sobrantes a vertedero, y todos aquellos trabajos, suministros y medios auxiliares necesarios para la correcta ejecución de la partida.	9	9	460,00	4.140,00
1.4.3	Ud. Realización de fundación para Trafo de Intensidad 220 kV, incluyendo: excavación, refino y compactación del fondo de excavación, colocación de pernos, suministro y vertido de hormigón de nivelación y de hormigón en masa en primera y segunda fase, encofrados, tubos de PEHD doble capa, de diámetro según planos, relleno compactado de la sobreexcavación con material procedente de la misma, retirada de los productos sobrantes a vertedero y todos aquellos trabajos, suministros y medios auxiliares necesarios para la correcta ejecución de la partida.	12	12	690,00	8.280,00
1.4.4	Ud. Realización de fundación para Autoválvulas 220 kV, incluyendo: excavación, refino y compactación del fondo de excavación, colocación de pernos, suministro y vertido de hormigón de nivelación y de hormigón en masa en primera y segunda fase, encofrados, tubos de PEHD doble capa, de diámetro según planos, relleno compactado de la sobreexcavación con material procedente de la misma, retirada de los productos sobrantes a vertedero y todos aquellos trabajos, suministros y medios auxiliares necesarios para la correcta ejecución de la partida.	12	12	322,00	3.864,00
1.4.5	Realización de fundación para Resistencia de Puesta a Tierra de neutro de MT del Transformador T-1 existente, incluyendo: excavación, refino y compactación del fondo de excavación, colocación de pernos, suministro y vertido de hormigón de nivelación y de hormigón en masa en primera y segunda fase, encofrados, tubos de PEHD doble capa, de diámetro según planos, relleno compactado de la sobreexcavación con material procedente de la misma, retirada de los productos sobrantes a vertedero y todos aquellos trabajos, suministros y medios auxiliares necesarios para la correcta ejecución de la partida.	2	2	690,00	1.380,00
1.4.6	Ud. Realización de fundación para Equipos de MT, Autoválvulas 20 kV, Aisladores de apoyo 20 kV y Terminales de Cables 20 kV, incluyendo: Excavación de terreno, carga y transporte de tierras sobrantes desde la zona de excavación a zona de cablones o vertedero (según del material de que se trate), vertido, incluyendo canon de vaciado y extendidos si fuera necesario. Hormigón de limpieza. Encofrado a cara oculta y a cara vista realizado con tabla machihembrada o elementos metálicos prefabricados, medios auxiliares, clavazón, alambre de atado y desencofrado y p.p. de bombeo. Suministro, vertido y vibrado de hormigón armado HA-30. Suministro y colocación de armaduras de acero. Recibido, alineado y aplomado de pernos con plantillas de anclaje. Suministro, recibido y embebido de los tubos de paso para los cables de tierra, incluso codos y manguitos.	2	2	805,00	1.610,00



SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN 220/20 KV PARA LA EVACUACIÓN DE ENERGÍA DE DOS PLANTAS TERMOSOLARES

Álvaro Barrios San José

1.4.7	Ud. Cimentación en masa para columna de alumbrado, según planos de proyecto, que incluye excavación, refino, compactación del fondo de excavación, colocación de pernos, suministro y vertido de hormigón de limpieza de hormigón en primera y segunda fase, encofrado, tubos de PEHD doble capa, de diámetro según planos, hasta la conexión con la canalización de alumbrado, relleno compactado de la sobreexcavación con material procedente de la misma, retirada a vertedero de los productos sobrantes, y todos aquellos trabajos, suministros y medios auxiliares necesarios para la correcta ejecución de la partida.	12	12	184,00	2.208,00
1.4.8	Ud. Cimentación en masa para soporte cámaras TV, según planos de proyecto, que incluye excavación, refino, compactación del fondo de excavación, colocación de pernos, suministro y vertido de hormigón de limpieza, de hormigón en primera y segunda fase, encofrado, tubos de PEHD doble capa, de diámetro según planos, hasta la conexión con la canalización de alumbrado, relleno compactado de la sobreexcavación con material procedente de la misma, retirada a vertedero de los productos sobrantes, y todos aquellos trabajos, suministros y medios auxiliares necesarios para la correcta ejecución de la partida.	10	10	184,00	1.840,00
1.4.9	Ud. Bancada para instalación del grupo electrógeno, según planos de proyecto, que incluye excavación, refino, compactación del fondo de excavación, suministro y vertido de hormigón de limpieza, armadura de cualquier diámetro, hormigón, encofrados, tubos de PEHD doble capa, de diámetros según planos hasta conexión con el canal de cables, relleno compactado de la sobreexcavación con material procedente de la misma, retirada a vertedero de los productos sobrantes, y todos aquellos trabajos, suministros y medios auxiliares necesarios para la correcta ejecución de la partida.	1	1	1.725,00	1.725,00
IMPORTE TOTAL SUBCAPÍTULO 1.4.:					45.747,00
1.5.- Transformador de Potencia					
1.5.1	Realización de Foso de recogida de aceite para Transformador de Potencia 220/20 kV, incluyendo: Excavación de terreno, carga y transporte de tierras sobrantes desde la zona de excavación a zona de vertedero, vertido, incluyendo canon de vaciado y extendidos si fuera necesario. Hormigón de limpieza. Encofrado a cara oculta y a cara vista realizado con tabla machihembrada o elementos metálicos prefabricados, medios auxiliares, clavazón, alambre de atado y desencofrado. Suministro y colocación de armadura de acero B-500-SD. Suministro, vertido y vibrado de hormigón armado HA-30. Suministro, recibido, alineado y aplomado de carriles de rodadura tipo RENFE de 45 kg/m, incluso soldaduras y cortes. Recibido, alineado y aplomado de pernos con plantillas de anclaje para el seccionador de puesta a tierra de neutro de AT, apoyado en la propia bancada. Suministro, recibido y embebido de los tubos de paso para los cables de tierra. El tratamiento del vaso del depósito deberá garantizar su impermeabilidad sin necesidad de mantenimiento	2	2	44.850,00	89.700,00
1.5.2	Ud. Realización de Muro Cortafuegos, incluyendo: Excavación en terreno compacto, relleno, carga y transporte de tierras sobrantes a vertedero. Hormigón de limpieza. Encofrado a cara oculta realizado con tabla machihembrada o elementos metálicos prefabricados, medios auxiliares, clavazón, alambre de atado y desencofrado y p.p. de bombeo. Suministro y colocación de armadura de acero. Suministro, vertido y vibrado de hormigón armado HA-30. Suministro y colocación de pilares de hormigón prefabricados, con encaje de 50 x 50 cm y material de sellado EF-120. Suministro y colocación de placas alveolares prefabricadas de hormigón, de dimensiones 1,20 x 5,10 x 0,16 m y material de sellado RF-120. Completamente terminado.	1	1	27.600,00	27.600,00
IMPORTE TOTAL SUBCAPÍTULO 1.5.:					117.300,00



SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN 220/20 KV PARA LA EVACUACIÓN DE ENERGÍA DE DOS PLANTAS TERMOSOLARES

Álvaro Barrios San José

1.6.- Canalizaciones:					
1.6.1	P/A Canal de cables de control de dimensiones exteriores según planos, compuesto por una fila de bloques de hormigón prefabricado formando los cierres laterales, de 15x20x40 cm, apoyados en su base sobre bloques de hormigón de las mismas dimensiones. La solera está formada también por bloques prefabricados de hormigón de 10x20x40, dispuestos de modo que quede espacio para el drenaje de los mismos. Todo ello dispuesto según plano sobre capa de grava lavada 20/40 sobre lámina geotextil. Incluye excavación de terreno, carga y transporte de tierras sobrantes desde la zona de excavación a zona de vertedero, vertido, incluyendo canon de vaciado y extendidos si fuera necesario. Formación y colocación de tapa prefabricada de hormigón, armada con una parrilla de acuerdo a las dimensiones de proyecto y rebaje para levantarla.	1	1	13.225,00	13.225,00
1.6.2	P/A Paso reforzado bajo vial de rodadura de transformadores para canalización de cables de control, formada por 4 tubos de 160 mm de diámetro de PE-AD de doble pared rígidos. Fijados sobre una base de 100 mm de hormigón armado, se embeberán en el fondo de la excavación en otra capa de hormigón armado HA-30 de espesor según planos, que incluye sin carácter limitativo: excavación en cualquier tipo de terreno con medios mecánicos con extracción de tierras a los bordes, refino, relleno, carga y transporte a vertedero autorizado de los productos sobrantes, sin límite de distancia, vertido y extendido si fuese necesario, incluso canon de vertido y p.p. de achique de agua, limpieza y medios auxiliares y demás suministros y obras no mencionadas expresamente en este texto para su completa terminación	1	1	3.450,00	3.450,00
1.6.3	P/A Zanja para cables de MT. bajo vial de rodadura, según planos de proyecto, incluso p.p. de tubos de PEHD doble capa bajo vial, excavación y posterior relleno, retirada del material sobrante a vertedero, suministro y vertido de hormigón, y todos aquellos trabajos, suministros y medios auxiliares necesarios para la correcta ejecución de la partida. Cruzamiento tipo de 3,50 m.	1	1	9.660,00	9.660,00
1.6.4	P/A Zanja para cables de control bajo vial, según planos de proyecto, incluso p.p. de tubos de PEHD doble capa bajo vial, excavación y posterior relleno, retirada del material sobrante a vertedero, suministro y vertido de hormigón, y todos aquellos trabajos, suministros y medios auxiliares necesarios para la correcta ejecución de la partida. Cruzamiento tipo de 3,50 m.	1	1	2.875,00	2.875,00
1.6.5	P/A Zanja para cables de MT, según planos de proyecto, incluso p.p. de tubos de PEHD doble capa bajo vial, excavación y posterior relleno, retirada del material sobrante a vertedero, suministro y vertido de hormigón, y todos aquellos trabajos, suministros y medios auxiliares necesarios para la correcta ejecución de la partida. Cruzamiento tipo de 3,50 m.	1	1	24.150,00	24.150,00
1.6.6	P/A Arquetas tipo AC-1, para para cables, según planos de proyecto, que incluye excavación, refino y compactación del fondo de la excavación, hormigón de limpieza, rellenos con material procedente de la excavación, retirada a vertedero de los productos sobrantes, apertura de rozas, encofrados, ladrillos, tapas de hormigón armado, tubo de desagüe, relleno de grava 30/50 en la salida de desagüe, tubo de PEHD de doble pared de distintos diámetros, y todos aquellos trabajos, suministros y medios auxiliares necesarios para la correcta ejecución de la partida.	1	1	1.322,50	1.322,50



SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN 220/20 KV PARA LA EVACUACIÓN DE ENERGÍA DE DOS PLANTAS TERMOSOLARES

Álvaro Barrios San José

1.6.7	P/A Arqueta, tipo AC-2, para para cables de control en acera, según planos de proyecto, que incluye excavación, refino y compactación del fondo de la excavación, hormigón de limpieza, rellenos con material procedente de la excavación, retirada a vertedero de los productos sobrantes, apertura de rozas, encofrados, ladrillos, tapas de fundición, tubo de desagüe, relleno de grava 30/50 en la salida de desagüe, tubo de PEHD de doble pared de distintos diámetros, y todos aquellos trabajos, suministros y medios auxiliares necesarios para la correcta ejecución de la partida.	1	1	575,00	575,00
1.6.8	P/A Arqueta, tipo AC-3, para para cables de potencia de MT en acera, según planos de proyecto, que incluye excavación, refino y compactación del fondo de la excavación, hormigón de limpieza, rellenos con material procedente de la excavación, retirada a vertedero de los productos sobrantes, apertura de rozas, encofrados, ladrillos, tapas de fundición, tubo de desagüe, relleno de grava 30/50 en la salida de desagüe, tubo de PEHD de doble pared de distintos diámetros, y todos aquellos trabajos, suministros y medios auxiliares necesarios para la correcta ejecución de la partida.	1	1	9.200,00	9.200,00
1.6.9	P/A Arqueta, tipo AC-4, para cables de potencia de MT, fabricada en hormigón en masa HM-30 y fábrica de ladrillo macizo perforado, incluyendo: Excavación en cualquier tipo de terreno, carga y transporte de las tierras sobrantes desde la zona de excavación a zona de vertedero o a zona de caballones (según el material del que se trate), vertido, incluyendo canon de vaciado y extendidos si fuera necesario. Solera de hormigón en masa HM-30 de 15 cm de espesor. Laterales de ladrillo macizo perforado de un pie aparejado tomados con mortero de cemento M-40, enfoscada interiormente, losa superior formada por viguetas pretensadas y losa de hormigón en masa HM-30.	1	1	5.750,00	5.750,00
1.6.10	P/A Zanja en Tierra, Tipo MT-6, con reposición, realizada sobre cualquier tipo de terreno, Tipo MT-6, formada por 6 tubos de PE – AD Ø embebidos en capa de hormigón HM-D-200/B/20/I, de 450 mm. de espesor, bien compactada hasta alcanzar la cota adecuada. Por debajo de la cota cero, aproximadamente a 500 mm, se colocarán 2 cintas de señalización en todo el recorrido. Llevando sobrantes a vertedero Autorizado. Destinado al soterramiento de la LAMT que sobrevuela la parcela.	1	1	11.270,00	11.270,00
IMPORTE TOTAL SUBCAPÍTULO 1.6.:					81.477,50
1.7.- Edificio Prefabricado:					
1.7.1	Ud. P/A.- Ejecución de edificio de control y celdas de media tensión, según planos de proyecto, incluso cálculo, suministro y ejecución de elementos prefabricados de estructura portante. Incluye excavaciones, retirada de tierras a vertedero, apuntalamientos y entibaciones, suministro y vertido de hormigón, ferralla, encofrados, impermeabilizaciones, carpintería de puertas y ventanas, instalación de suelo técnico según especificaciones, instalaciones de fontanería y saneamiento, sanitarios y grifería, acumulador de agua fría enterrado y acumulador para agua caliente de 50 l., red de tierra interior y su conexión con elementos metálicos y equipos, así como cuantos trabajos, suministros, equipos y medios auxiliares sean necesarios para la completa ejecución y acabado del mismo. Se incluirá el suministro e instalación de dos puestos de trabajo tipo en la oficina, que incluirán cada uno 4 bases schuko y 4 conectores RJ45 CAT6, con cableado LAN CAT6 hasta el armario de comunicaciones.	1	1	391.644,00	391.644,00
1.7.2	P/A Acera perimetral al edificio prefabricado, realizada en hormigón HM-25, con acabado de baldosa hidráulica, y bordillo perimetral asentado sobre cama de hormigón, totalmente colocado.	1	1	6.210,00	6.210,00
IMPORTE TOTAL SUBCAPÍTULO 1.7.:					397.854,00



SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN 220/20 KV PARA LA EVACUACIÓN DE ENERGÍA DE DOS PLANTAS TERMOSOLARES

Álvaro Barrios San José

1.8.- Red de Tierras					
1.8.1	P/A. Red de tierras inferiores en zanja de 0,6 m de profundidad para tendido de conductor de Cu desnudo de 120 mm ² de sección mínima, incluyendo apertura y posterior relleno de zanjas, suministro y tendido del conductor, parte proporcional de soldaduras aluminotérmicas en "X" o "T" para formación de cuadrículas, moldes, Picas Cilíndrica de Acero revestida de Cobre, etc., así como todos aquellos trabajos, suministros y medios auxiliares necesarios para la correcta ejecución de la partida.	1	1	25.254,00	25.254,00
IMPORTE TOTAL SUBCAPÍTULO 1.8.:					25.254,00
1.9.- Cerramientos					
1.9.1	m.l. Construcción de cerramiento perimetral de subestación, formado por muro de hormigón de 1,00 m., postes metálicos galvanizados acabado poliéster en color, de 60x60 mm. y malla electro-soldada rígida galvanizada y plastificada de 200x50 mm. con pliegues de refuerzo para una altura de la misma de 1,50 m., incluyendo p.p. accesorios de fijación y anclaje, señales de riesgo eléctrico cada 10 m. y la obra civil necesaria para su ejecución, incluso muro de hormigón armado apoyado sobre zapata corrida del mismo material según planos y detalles constructivos, añadiendo acabado para evacuación de aguas, para una altura total de 2,50 m. desde el nivel del terreno.	360	360	184,00	66.240,00
1.9.2	Ud. Suministro e instalación de puerta corredera de una hoja de 5,90 m. de paso libre y 2,50 m. de altura, accionamiento motorizado con mando a distancia y pulsador, realizada con perfiles POS. PLANO UD DESCRIPCIÓN CERRAMIENTOS CANTIDAD €/UD € OBRA CIVIL tubulares de 80x80 mm., de acero galvanizado en caliente, zócalo inferior en chapa ciega de 2 mm. de espesor y barrote de 40x40 mm. Así mismo, se suministrará e instalará un apueta de acceso peatonal de una hoja, de 1,00 m. de ancho, realizada con perfiles tubulares de acero galvanizado, de similares características que la puerta de acceso de vehículos y según planos y detalles constructivos. Existirá un sistema de desplazamiento con guía inferior, topes, guías verticales y demás accesorios de fijación y accionamiento, incluyendo cerradura y p.p. de obra civil para anclaje de los perfiles de fijación de la puerta a las pilastras laterales, incluidas las mismas, acabada en pintura al esmalte previa imprimación y sistema de control de acceso de personal mediante tarjeta magnética.	1	1	10.350,00	10.350,00
1.9.3	Ud. Suministro e instalación de puerta corredera de una hoja de 3,90 m. de paso libre y 2,50 m. de altura, accionamiento motorizado con mando a distancia y pulsador, realizada con perfiles tubulares de 80x80 mm., de acero galvanizado en caliente, zócalo inferior en chapa ciega de 2 mm. de espesor y barrote de 40x40 mm. Existirá un sistema de desplazamiento con guía inferior, topes, guías verticales y demás accesorios de fijación y accionamiento, incluyendo cerradura y p.p. de obra civil para anclaje de los perfiles de fijación de la puerta a las pilastras laterales, incluidas las mismas, acabada en pintura al esmalte previa imprimación.	1	1	7.475,00	7.475,00
1.9.4	Ud. Suministro e instalación de puerta peatonal de 0,85 m. de paso libre, accionamiento con cerradura y electro desde el sistema de fonopuerta y pulsador, realizada con perfiles tubulares de 80x80 mm., de acero galvanizado en caliente, zócalo inferior en chapa ciega de 2 mm. de espesor y barrote de 40x40 mm. Incluyendo cerradura y p.p. de obra civil para anclaje de los perfiles de fijación de la puerta a las pilastras laterales, incluidas las mismas, acabada en pintura al esmalte previa imprimación.	1	1	690,00	690,00
IMPORTE TOTAL SUBCAPÍTULO 1.9.:					84.755,00
TOTAL CAPÍTULO 1: OBRA CIVIL					1.102.919,58



SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN 220/20 KV PARA LA EVACUACIÓN DE ENERGÍA DE DOS PLANTAS TERMOSOLARES

Álvaro Barrios San José

POS.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD		PRECIO	
		PARCIAL	TOTAL	UNITARIO	TOTAL
CAPÍTULO 2.: ESTRUCTURA METÁLICA (SUMINISTRO Y MONTAJE)					
2.1	kg Suministro, transporte, montaje y pintura de estructura metálica construida conforme a planos y de acuerdo con las características que se recogen en la Memoria. Cada elemento de la estructura quedará totalmente nivelado y alineado en sus ejes, atornillándolos a sus anclajes. En el precio estará incluido la aportación de las grúas y diversos elementos de elevación y amarre necesarios para ejecutar el trabajo con seguridad. Esta estructura metálica tendrá la siguiente finalidad:		47.655	1,71	81.527,99
	Columna pórtico salida de línea 220 kV	19044			
	Viga para pórtico salida de línea 220 kV	6300			
	Soporte Trafo de tensión 220 kV	1838			
	Soporte trafo de intensidad 220 kV	3237			
	Soporte autoválvulas 220 kV	2494			
	Soporte seccionadores 220 kV	7200			
	Soporte interruptores 220 kV	5460			
	Soporte botellas terminales y autoválvulas de MT	1462			
	Herrajes	620			
2.2	P.A. Suministro de plantillas para fijación de pernos de anclaje.	1	1	1.725,00	1.725,00
2.3	P.A. Suministro y montaje de tornillería en acero inoxidable para fijación de la estructura metálica.	1	1	2.300,00	2.300,00
2.4	Ud. Suministro y montaje de Plafón Luminoso de 3.000 x3.000 mm. a dos caras, con cantos de aluminio conformado y pintado, frentes en metracrilato y luz interior fluorescente instalado sobre monolito de 12 metros de altura.	1	1	492,20	492,20
2.5	Ud. Suministro y montaje de Monolito de 12 metros de altura para instalación plafón luminoso.	1	1	182,85	182,85
2.6	Ud. Suministro y montaje de placa con el rótulo RIESGO ELÉCTRICO, de dimensiones 400x700 mm., realizadas en aluminio conformado y pintado con símbolos y textos en inilo.	2	2	119,60	239,20
2.7	P/A Suministro y montaje de bancadas para celdas blindadas y aisladas de SF6. Incluye el montaje de todos los accesorios y conexión con la red de tierras, totalmente terminados. Bancadas de acero alvanizado en perfil de U invertida de 100 de ancho por 60 de ala y 4 mm de espesor.	1	1	6.847,56	6.847,56
TOTAL CAPÍTULO 2: ESTRUCTURA METÁLICA					93.314,80



SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN 220/20 KV PARA LA EVACUACIÓN DE ENERGÍA DE DOS PLANTAS TERMOSOLARES

Álvaro Barrios San José

POS.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD		PRECIO	
		PARCIAL	TOTAL	UNITARIO	TOTAL
CAPÍTULO 3.: EQUIPOS ELECTRICOS (SUMINISTRO Y MONTAJE)					
3.1.- Sistema de 220 kV					
3.1.1	Ud. Suministro y montaje de pararrayos autoválvula de 220 kV , marca TRIDELTA, según características indicadas en el presente proyecto.	12	12	2.990,00	35.880,00
3.1.2	Ud. Suministro y montaje de transformadores de tensión inductivos de 220 kV , marca ARTECHE, según características indicadas en el presente proyecto.	9	9	12.210,70	109.896,30
3.1.3	Ud. Suministro y montaje de transformadores de intensidad de 220 kV , marca ARTECHE, según características indicadas en el presente proyecto.	12	12	11.099,42	133.193,00
3.1.4	Ud. Suministro y montaje de seccionadores tripolares con cuchillas de puesta a tierra de 220 kV , marca ALSTOM, según características indicadas en el presente proyecto.	2	2	19.711,00	39.422,00
3.1.5	Ud. Suministro y montaje de seccionadores tripolares de 220 kV sin puesta a tierra , marca ALSTOM, según características indicadas en el presente proyecto.	4	4	15.571,00	62.284,00
3.1.6	Ud. Suministro y montaje de interruptores tripolares en SF6 de 220 kV , marca ALSTOM, según características indicadas en el presente proyecto.	4	4	47.092,50	188.370,00
IMPORTE TOTAL SUBCAPÍTULO 3.1.:					569.045,30
3.2.- Transformador de Potencia					
3.2.1	Ud. Suministro y montaje de transformadores de potencia 20/220 kV de 40 MVA ONAN/ONAF 50Hz, según características indicadas en el presente proyecto.	2	2	571.596,00	1.143.192,00
IMPORTE TOTAL SUBCAPÍTULO 3.2.:					1.143.192,00
3.3.- Sistema de 20 kV					
3.3.1	Ud. Suministro y montaje de pararrayos poliméricos de 20 kV , marca TRIDELTA, según características indicadas en el presente proyecto.	6	6	891,25	5.347,50
3.3.2	Ud. Suministro y montaje de reactancia de Puesta a Tierra , según características indicadas en el presente proyecto.	2	2	7.360,00	14.720,00
3.3.3	Ud. Suministro y montaje de batería de condensadores , según características indicadas en el presente proyecto.	1	1	55.775,00	55.775,00
3.3.4	Ud. Suministro y montaje de celdas aisladas en SF6, 24 kV para las posición de transformador , marca SIEMENS, según características indicadas en el presente proyecto.	2	2	32.372,50	64.745,00
3.3.5	Ud. Suministro y montaje de celdas aisladas en SF6, 24 kV para las posición de línea , marca SIEMENS, según características indicadas en el presente proyecto.	10	10	34.097,50	340.975,00
3.3.6	Ud. Suministro y montaje de celdas aisladas en SF6, 24 kV para las posición de batería de condensadores , marca SIEMENS, según características indicadas en el presente proyecto.	1	1	32.386,30	32.386,30
3.3.7	Ud. Suministro y montaje de celdas aisladas en SF6, 24 kV para las posición de transformador de servicios auxiliares , marca SIEMENS, según características indicadas en el presente proyecto.	2	2	23.331,20	46.662,40
3.3.8	Ud. Suministro y montaje de celdas aisladas en SF6, 24 kV para la de medida en barras , marca SIEMENS, según características indicadas en el presente proyecto.	1	1	18.717,40	18.717,40
3.3.9	Ud. Suministro y montaje de celdas aisladas en SF6, 24 kV para la posición de acoplamiento , marca SIEMENS, según características indicadas en el presente proyecto.	1	1	21.017,40	21.017,40
IMPORTE TOTAL SUBCAPÍTULO 3.3.:					600.346,00



SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN 220/20 KV PARA LA EVACUACIÓN DE ENERGÍA DE DOS PLANTAS TERMOSOLARES

Álvaro Barrios San José

3.4.- Servicios Auxiliares:					
3.4.1	P/A. Suministro y montaje de los armarios de servicios auxiliares , que incluye la recepción, traslado y anclaje de los bastidores y cuadros, los accesorios de fijación necesarios, la puesta a tierra de los bastidores, taladros en estructura o paramentos, tacos, tornillería, canaleta de cables en cuadros murales, montaje y conexión de los equipos frágiles desmontados y embalados en su interior (si fuese necesario), etc. Incluye el suministro de los siguientes Armarios:				
	Cuadro General de corriente alterna de servicios auxiliares de Subestación 220/20 kV, de las características indicadas en el presente proyecto.	2	2	42.431,26	84.862,53
	Cuadro SSAA corriente alterna 230 Vac segura, de las características indicadas en el presente proyecto.	2	2	4.829,71	9.659,43
	Cuadro General de corriente continua de servicios auxiliares 110 Vcc, de las características indicadas en el presente proyecto.	2	2	13.873,31	27.746,63
	Cuadro General de corriente continua de servicios auxiliares 48 Vcc, de las características indicadas en el presente proyecto.	2	2	7.579,36	15.158,73
	Cuadros secundarios de Alumbrado y Fuerza de subestación, de las características indicadas en el presente proyecto.	2	2	3.503,76	7.007,53
3.4.2	Ud. Suministro y Montaje de Transformador de servicios auxiliares de 100 kVA , marca IMEFY, aislamiento seco encapsulado en resina para interior, relación 22+2,5 % +5 % +7,5+10 % kV / 0,42 kV con grupo de conexión Yzn11, según características indicadas en el presente proyecto.	2	2	7.985,03	15.970,05
3.4.3	Ud. Suministro y Montaje de equipos rectificador-cargador con sistema de baterías de Ni-Cd asociada de 110 V c.c.	2	2	17.790,27	35.580,54
3.4.4	Ud. Convertidor 110 Vcc / 48 Vcc, marca AEG con módulo de supervisión PSC-100 o similar, en formato 19", para satisfacer los onsumos necesarios de comunicaciones y control.	2	2	2.626,60	5.253,20
3.4.5	Ud. Equipo ondulador 110 V cc - 230 Vac con una capacidad mínima de 1500 w, con módulo de supervisión o similar en formato 19", montado en cuadro de SSAA Vac	1	1	4.046,68	4.046,68
3.4.6	Ud. Grupo electrógeno insonorizado para montaje de intemperie de al menos 100 kVA.	1	1	15.062,13	15.062,13
IMPORTE TOTAL SUBCAPÍTULO 3.4.:					220.347,42
3.5.- Control y Protección de Subestación					
3.5.1	Suministro y montaje de armario de control y protección para posición de transformador AT incluyendo Protecciones, equipo de medida, control y maniobra, según esquema unifilar.	2	2	46.973,76	93.947,53
3.5.2	Suministro y montaje de armario de control y protección para posición de línea AT incluyendo Protecciones, equipo de medida, control y maniobra, según esquema unifilar.	2	2	52.723,76	105.447,53
3.5.3	P/A. De suministro de bancadas y montaje de los armarios de protección trafo AT, comunicaciones y puesto de operación local instalados en la sala de control, que incluye la recepción, traslado y anclaje de los bastidores y cuadros, los accesorios de fijación necesarios, la puesta a tierra de los bastidores, taladros en estructura o paramentos, tacos, tornillería, canaleta de cables en cuadros murales, montaje y conexión de los equipos frágiles desmontados y embalados en su interior (si fuese necesario), etc.	1	1	2.263,20	2.263,20
3.5.4	P/A. Suministro, montaje y puesta en servicio relés de protección para celdas de 24 kV encastrados en los bastidores	1	1	69.134,55	69.134,55
3.5.5	Suministro e instalación de armario (uno para comunicaciones y otro para puesto de operación local) marca RITTAL, para alojamiento de equipos de telecomunicación, con acceso anterior y posterior, medidas 2000*600*800 (alto*ancho*fondo), con puerta acristalada anterior. S	2	2	19.180,28	38.360,55
3.5.6	P/A. Suministro, montaje y puesta en servicio de Puesto de Operación Local en armario	1	1	4.734,55	4.734,55
IMPORTE TOTAL SUBCAPÍTULO 3.5.:					313.887,90



SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN 220/20 KV PARA LA EVACUACIÓN DE ENERGÍA DE DOS PLANTAS TERMOSOLARES

Álvaro Barrios San José

3.6.- Medida					
3.6.1	Ud. Suministro, montaje e instalación de armario para medida de transformador de Servicios Auxiliares, medida de consumos de la instalación y potencias pertenecientes de la central.	1	1	21.036,38	21.036,38
IMPORTE TOTAL SUBCAPÍTULO 3.6.:					21.036,38
3.7.- Alumbrado y Fuerza					
3.7.1	Suministro y montaje de Alumbrado normal y de emergencia y fuerza en parque de intemperie, según planos de proyecto que incluye suministro e instalación de equipos de iluminación normal y de emergencia y alumbrado en puerta de acceso a la subestación y perimetral al edificio, tomas de fuerza, cableado y conexionado de los mismos y todos aquellos trabajos, suministros y medios auxiliares necesarios para la correcta ejecución de la partida.	1	1	9.338,00	9.338,00
3.7.2	P/A. Alumbrado normal y fuerza en el interior del edificio, según planos de proyecto que incluye suministro e instalación de equipos, conductos de PVC, cajas de registro y conexión, tomas de fuerza, cableado y conexionado de los mismos y todos aquellos trabajos, suministros y medios auxiliares necesarios para la correcta ejecución de la partida.	1	1	7.038,00	7.038,00
3.7.3	P/A. Alumbrado de emergencia en el interior del edificio, según planos de proyecto que incluye suministro e instalación de equipos, conductos de PVC, cajas de registro y conexión, cableado y conexionado de los mismos y todos aquellos trabajos, suministros y medios auxiliares necesarios para la correcta ejecución de la partida.	1	1	2.725,50	2.725,50
IMPORTE TOTAL SUBCAPÍTULO 3.7.:					19.101,50
3.8.-Instalaciones de B.T. y Auxiliares					
3.8.1	P/A Suministro e instalación del sistema de detección y extinción de incendios y antiintrusismo en parque de intemperie, según planos y especificaciones de proyecto, que incluye suministro e instalación de equipos, central de control y alarma, detectores, pulsadores, sirena, conducciones, cableado, conexionado de la instalación, pruebas y puesta en marcha y todos aquellos trabajos, suministros y medios auxiliares necesarios para la correcta ejecución de la partida	1	1	14.570,50	14.570,50
3.8.2	P/A. Suministro e instalación del sistema de detección de incendios y anti-intrusismo en edificio, según planos y especificaciones de proyecto, que incluye suministro e instalación de equipos, central de control y alarma, detectores, pulsadores, sirena, conducciones, cableado, conexionado de la instalación, pruebas y puesta en marcha y todos aquellos trabajos, suministros y medios auxiliares necesarios para la correcta ejecución de la partida	1	1	17.675,50	17.675,50
3.8.3	P/A. Suministro e instalación de Equipos de protección, seguridad y señalización. Incluye el suministro de los siguientes: Elementos. Extintores de polvo polivalente con dispositivo de presión incorporado; eficacia 13 A 89B, de 6 kg y de 25 kg (carro móvil) Banquetas aislantes de 24 kv servicio interior Placas de primeros auxilios enmarcado Esquema de evacuación de instalación enmarcado Señales de salida y salidas de emergencia sobre las puertas y pasillos. Panel soporte con las distintas palancas y llaves de accionamiento de los distintos equipos de la subestación, totalmente identificados En las puertas del edificio y por el exterior se fijarán placas identificativas de riesgo eléctrico.	1	1	10.286,75	10.286,75
3.8.4	P/A.Suministro e instalación de Climatización solo frío Inverter de Cassete empotrado en falso techo, con mando de control cableado en pared y compresor en cubierta, para sala de control, de 9.600 kcal/h y eficiencia energética clase A. Se incluye la conexión a desagüe y/o red de drenaje.	1	1	3.834,10	3.834,10



SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN 220/20 KV PARA LA EVACUACIÓN DE ENERGÍA DE DOS PLANTAS TERMOSOLARES

Álvaro Barrios San José

3.8.5	P/A. Suministro e instalación de Climatización frío/calor Inverter de Cassete empotrado de en falso techo, con mando de control cableado en pared y compresor en cubierta, para oficina, de 3.500 kcal/h y eficiencia energética clase A. Se incluye la conexión a desagüe y/o red de drenaje.	1	1	2.168,90	2.168,90
3.8.6	P/A. Suministro e instalación del sistema de ventilación de dependencias de edificio para su acondicionamiento y cumplimiento de RITE y normas de aplicación. En las salas climatizadas, su instalación se podrá combinar con el sistema de climatización previsto.	1	1	2.543,80	2.543,80
IMPORTE TOTAL SUBCAPÍTULO 3.8.:					51.079,55
3.9.- Cables BT, Fuerza y Control					
Cables para circuitos instalacion interior:					
3.9.1	P/A Suministro, tendido y conexionado de cable de cobre RV clase 2 de 0,6/1 kV de diferentes secciones, tipo RETENAX FLAM de PRYSMIAN o similar para el cableado del sistema de control y protección de la subestación	1	1	110.929,00	110.929,00
3.9.2	P/A Suministro, tendido y conexionado de cable coaxial RG-59.	1	1	788,90	788,90
3.9.3	P/A Suministro, tendido y conexionado de cable de fibra óptica 24/48 fibras	1	1	8.193,75	8.193,75
IMPORTE TOTAL SUBCAPÍTULO 3.9.:					119.911,65
3.10.- Materiales Auxiliares					
3.10.1	P/A. Pequeño material auxiliar (conduits, bandejas, soportes etc.) de apoyo para la instalación de sistemas de control, alumbrado, antiincendios e antiintrusismo.	1	1	6.969,00	6.969,00
IMPORTE TOTAL SUBCAPÍTULO 3.10.:					6.969,00
3.11.- Red de Tierras					
3.11.1	P/A. de suministro y tendido de conductor de Cu desnudo de 120 mm ² de sección mínima, tendido por zanjas, estructuras y soportes, para puesta a tierra de elementos metálicos.	1	1	14.559,00	14.559,00
3.11.2	P/A. Conjunto de piezas para fijación de tierras sobre estructuras y aparellaje, a base de cable y varillas de cobre.	1	1	3.214,25	3.214,25
3.11.3	P/A. Pararrayos con cebador y contador de descargas, incluyendo cable de Cu, incluso parte proporcional de anclajes y auxiliares para fijación y montaje, también soldadura a malla, totalmente instalados.	1	1	1.268,45	1.268,45
3.11.4	P.A. Ejecución de P. a T. de envolventes de equipos en edificio, así como de todas las partes metálicas que normalmente no están en tensión pero que pudieran estarlo como consecuencia de averías, accidentes, descargas atmosféricas o sobretensiones. Se incluye el suministro de todos los elementos necesarios: cable de cobre, terminales, empalmes y derivaciones de P. a t., (tipo auxime o similar), incluso conexionado a pletina de puesta a tierra de los equipos. Todos los elementos en acero inoxidable.	1	1	2.083,80	2.083,80
IMPORTE TOTAL SUBCAPÍTULO 3.11.:					21.125,50
TOTAL CAPÍTULO 3: EQUIPOS ELECTRICOS					3.086.042,19



SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN 220/20 KV PARA LA EVACUACIÓN DE ENERGÍA DE DOS PLANTAS TERMOSOLARES

Álvaro Barrios San José

POS.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD		PRECIO	
		PARCIAL	TOTAL	UNITARIO	TOTAL
CAPÍTULO 4.: EMBARRADOS Y PIEZAS DE CONEXIÓN (SUMINISTRO Y MONTAJE)					
4.1	P/A Suministro y tendido de cable de Aluminio- Acero tipo LA-380 de 381 mm² de sección, según especificaciones técnicas . Incluye tendido aéreo entre pórtico en parque de transporte y pórtico, suministro y montaje de cadenas, engrasado de piezas, etc., totalmente terminado.	1	1	7.051,80	7.051,80
4.4	P/A Suministro y montaje de tubo para embarrado de MT de Cu Ø 60 mm, de distintas longitudes, incluso colocación de tapas finales y curvado en caso necesario.	1	1	3.022,20	3.022,20
4.5	P/A Suministro y montaje de piezas de conexión para aparellaje y conexión a embarrados, tornillería de acero inoxidable, según especificaciones técnicas de la Memoria.	1	1	8.349,00	8.349,00
TOTAL CAPÍTULO 4: EMBARRADOS Y PIEZAS DE CONEXIÓN					18.423,00
POS.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD		PRECIO	
		PARCIAL	TOTAL	UNITARIO	TOTAL
CAPÍTULO 5.: CABLES DE 20 kV Y ACCESORIOS					
5.1.- Cables					
5.1.1	P/A Suministro, tendido y conexionado de cable unipolar de Al de 500 mm2 de sección (2 cables por fase), por el interior de tubería enterrada y canal, aislamiento 12/20 kV designación UNE: HEPRZ1- 12/20 kV 2x500 Al + H16 y accesorios.	1	1	12.903,00	12.903,00
5.1.4	P/A. Suministro y colocación de materiales necesarios para el sellado de todas las entradas de cables a los edificios. El sellado desde las salas de cabinas 20kV hacia el resto de dependencias de dicho edificio y entre sí deberá garantizar una resistencia al fuego.	1	1	2.173,50	2.173,50
IMPORTE TOTAL SUBCAPÍTULO 5.1.:					15.076,50
5.2.- Terminaciones y Accesorios					
5.2.1	Ud. Kit trifásico de exterior retráctil en frío para POS. PLANO UD DESCRIPCIÓN CABLES DE 20 kV Y ACCESORIOS TERMINACIONES Y ACCESORIOS CANTIDAD €/UD € cable 12/20 kV de 1x500 mm2 Al. Tipo QTII fabricante PRYSMIAN, incluyendo grapas de compresión, para conexión a salida de Trafo de Potencia.	13	13	189,75	2.466,75
IMPORTE TOTAL SUBCAPÍTULO 5.2.:					2.466,75
TOTAL CAPÍTULO 5: CABLES DE 20 kV Y ACCESORIOS					17.543,25



SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN 220/20 KV PARA LA EVACUACIÓN DE ENERGÍA DE DOS PLANTAS TERMOSOLARES

Álvaro Barrios San José

POS.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD		PRECIO	
		PARCIAL	TOTAL	UNITARIO	TOTAL
CAPÍTULO 6.: ESTUDIO GEOTÉCNICO, INGENIERÍA, PREUBAS Y PUESTA EN SERVICIO					
6.1.- Estudio Geotécnico e Ingeniería					
6.1.1	<p>P.A. Estudio geoténico necesario y suficiente de la parcela, incluyendo entre otros:</p> <p>Trabajos de Campo:</p> <p>Calicatas mecánicas hasta 4 m de profundidad y toma de muestra inalterada encapsulada en el interior de calicatas</p> <p>Ensayo de penetración dinámica DPSH, incluida implantación, sin límite de profundidad de auscultación, toma de muestra de agua y corte estratigráfico de cada sondeo</p> <p>Pelfil geofísico mediante técnica de tomografía eléctrica y sísmica de refracción</p> <p>Ensayos de Laboratorio:</p> <p>Análisis en laboratorio del contenido de humedad, densidad aparente, peso específico de las partículas, análisis granulométrico por tamizado y por sedimentación, determinación de la no plasticidad del suelo y de los límites de Atterberg</p> <p>Ensayos mecánicos y de deformabilidad, de compresión simple, de carga puntual Franklin, de corte directo, de presión máxima de hinchamiento</p> <p>Ensayos químicos de suelo, agresividad del suelo al hormigón, análisis químico de agua EHE-Hormigón estructural Ensayos de compactación, proctor nominal y CBR (tres puntos)</p> <p>Trabajos de Oficina</p> <p>Informe geológico con descripción y características de los materiales afectados. Informe geotécnico con recomendaciones para las cimentaciones de las estructuras previstas, así como el análisis de cualquier otro aspecto de índole geotécnica que requiera el proyecto</p>	1	1	4.600,00	4.600,00
6.1.2	<p>P.A. Partida Alzada para la ejecución de los trabajos de INGENIERÍA incluyendo cualquier elemento necesario para la definición de dicha ingeniería, entre otros:</p> <p>Ingeniería y delineación de Obra Civil:</p> <p>Movimiento de tierras</p> <p>Muro de contención</p> <p>Cimentaciones</p> <p>Muro Cortafuegos</p> <p>Edificio Prefabricado</p> <p>Plantas generales de Obra Civil, Drenajes, Red de Tierras, etc.</p> <p>Canalizaciones</p> <p>Drenajes</p> <p>Plantillas de Pernos</p> <p>Pernos</p> <p>Monolito para imagen corporativa</p> <p>Ingeniería y delineación Electromecánica</p> <p>Estructuras Principales</p> <p>Soportes de Aparamenta</p> <p>Herrajes Auxiliares</p> <p>Montajes de Aparamenta</p> <p>Planos Generales de Aparamenta, Estructura Metálica, Piezas de Conexión, Embarrados, etc.</p> <p>Instalaciones Alumbrado Intemperie</p> <p>Instalaciones Edificio Prefabricado</p> <p>Ingeniería y Delineación de Control</p> <p>Unifilares</p> <p>Desarrollados de las nuevas Instalaciones</p> <p>Desarrollados de SS.AA.</p> <p>Modificaciones de las colecciones existentes</p> <p>Interconexiones</p> <p>Cableados Internos de los Bastidores</p> <p>Listas de Cables</p>	1	1	93.150,00	93.150,00



SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN 220/20 KV PARA LA EVACUACIÓN DE ENERGÍA DE DOS PLANTAS TERMOSOLARES

Álvaro Barrios San José

6.1.3	P.A. Partida Alzada para la ejecución de los trabajos de INGENIERIA y documentación as built conforme a obra				
	Verificación de la Obra Civil (fundaciones, canalizaciones, drenajes, etc.) propuestos en estas especificaciones, y diseño definitivo de la obra civil referente al edificio, muro cortafuegos y bancada del transformador en función de las características de los equipos a instalar.				
	Diseño del bastidor de protección y del cuadro mural de c.a.				
	Se incluye la elaboración de los planos de la estructura metálica de apoyo de las celdas de MT, a partir de los datos constructivos que facilite el fabricante.				
	Adecuación de los esquemas desarrollados de las celdas de MT en función de los cableados de interconexión.	1	1	6.900,00	6.900,00
	Ingeniería complementaria para las posibles modificaciones que se pudieran hacer sobre este proyecto.				
	Planos generales, constructivos y eléctricos existentes en la subestación, afectados por la ampliación de las instalaciones. Incluyendo: plantas, secciones, fundaciones, estructuras, montajes, tierras, canales, arquetas, disposición de equipos, embarrados, piezas de conexión, desarrollados, unifilares, cableados, listas de cables, listas de materiales, etc.				
IMPORTE TOTAL SUBCAPÍTULO 6.1.:					104.650,00
6.2.- Pruebas y puesta en servicio					
6.2.1	Realización de pruebas funcionales, con verificación de señales de campo, órdenes de maniobra de aparamenta, bloqueos y automatismos.	1	1	3.588,00	3.588,00
6.2.2	P.A. Verificación de todas las señales de campo que se envían al sistema de control y asistencia en las pruebas de funcionamiento de los sistemas de control y de comunicaciones a realizar por "otros", para verificar el intercambio de señales/órdenes contra el Despacho	1	1	2.691,00	2.691,00
6.2.3	P.A. Pruebas de inyección por primario de todos los transformadores de tensión e intensidad de medida y protección, con validación de relaciones de transformación y comprobación de fases.	1	1	2.691,00	2.691,00
6.2.4	P.A. Programación y pruebas funcionales con inyección de los relés de protección de las posiciones de AT y MT.	1	1	32.545,00	32.545,00
6.2.5	P.A. Puesta en servicio total de la subestación hasta su energización, incluidos todos los equipos de pruebas, repuestos y consumibles necesarios durante la puesta en marcha de la subestación sobre el material aportado por el contratista, así como la elaboración de los procedimientos y protocolos de pruebas.	1	1	6.969,00	6.969,00
6.2.6	P.A. Ensayos reglamentarios previos a la puesta en servicio de la subestación, de acuerdo con la legislación vigente, incluidas las mediciones de la resistencia de tierra y de las tensiones de paso y contacto y resistencia pat para la instalación, incluyendo emisión de certificado oficial. la realización de las mediciones se realizará inyectando la corriente de prueba que se indica en el reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación, en la instrucción MIE-RAT 13.8, nunca siendo inferior a 50 a	1	1	2.725,50	2.725,50
6.2.7	P.A. Formación del personal durante el desarrollo de las pruebas y puesta en servicio	1	1	2.691,00	2.691,00
IMPORTE TOTAL SUBCAPÍTULO 6.2.:					53.900,50
TOTAL CAPÍTULO 6: ESTUDIO GEOTÉCNICO, INGENIERÍA, PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO					158.550,50



SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN 220/20 KV PARA LA EVACUACIÓN DE ENERGÍA DE DOS PLANTAS TERMOSOLARES

Álvaro Barrios San José

POS.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD		PRECIO	
		PARCIAL	TOTAL	UNITARIO	TOTAL
CAPÍTULO 7.: VARIOS					
7.1	P.A. Plan de Seguridad y Salud para el tipo de trabajos contratados así como la documentación relativa a su organización en materia de Seguridad y Prevención, con mención express de los responsables de los servicios de Prevención de la obra. Dicho plan ha de ser realizado conforme a la Ley 31/1995 de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales y a las Normas que al respecto	1	1	3.220,00	3.220,00
IMPORTE TOTAL CAPÍTULO 7.:					3.220,00
TOTAL CAPÍTULO 7: VARIOS					3.220,00
TOTAL SUBESTACIÓN 220/20 kV:					4.480.013,31

3.1. RESUMEN PRESUPUESTO SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN

A continuación se muestra un breve resumen del presupuesto de la subestación de transformación de 220/20 kV.

Se divide en siete capítulos:

- Obra civil.
- Estructura metálica.
- Equipos eléctricos.
- Embarrados y piezas de conexión.
- Cables de 20 kV y accesorios.
- Estudio geotécnico, ingeniería, pruebas y puesta en servicio.
- Varios.



SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN 220/20 KV PARA LA EVACUACIÓN DE ENERGÍA DE DOS PLANTAS TERMOSOLARES

Álvaro Barrios San José

PRESUPUESTO PROYECTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN 220/20 KV PARA LA EVACUACIÓN DE ENERGÍA DE DOS PLANTAS TERMOSOLARES			
CAPÍTULOS	SUBCAP.	DESCRIPCIÓN	TOTAL
1.-		OBRA CIVIL:	
	1.1.	PREPARACIÓN DEL TERRENO	167.158,83 €
	1.2.	ACCESOS Y VIALES	116.638,75 €
	1.3.	DRENAJES	66.734,50 €
	1.4.	CIMENTACIONES	45.747,00 €
	1.5.	TRANSFORMADOR DE POTENCIA	117.300,00 €
	1.6.	CANALIZACIONES	81.477,50 €
	1.7.	EDIFICIO PREFABRICADO	397.854,00 €
	1.8.	RED DE TIERRAS	25.254,00 €
	1.9.	CERRE	84.755,00 €
		TOTAL CAP. 1.- OBRA CIVIL	1.102.919,58 €
2.-		ESTRUCTURA METÁLICA:	
	2.1	ESTRUCTURA METÁLICA	93.314,80 €
		TOTAL CAP. 2.- ESTRUCTURA METÁLICA	93.314,80 €
3.-		EQUIPOS ELECTRICOS:	
	3.1.	SISTEMA DE 220 kV	569.045,30 €
	3.2.	TRANSFORMADOR DE POTENCIA	1.143.192,00 €
	3.3.	SISTEMA DE 20 kV	600.346,00 €
	3.4.	SERVICIOS AUXILIARES	220.347,42 €
	3.5.	CONTROL Y PROTECCIÓN DE SUBESTACIÓN	313.887,90 €
	3.6.	MEDIDA	21.036,38 €
	3.7.	ALUMBRADO Y FUERZA	19.101,50 €
	3.8.	INSTALACIONES DE B.T. Y AUXILIARES	51.079,55 €
	3.9.	CABLES BT, FUERZA Y CONTROL	119.911,65 €
	3.10.	MATERIALES AUXILIARES	6.969,00 €
	3.11.	RED DE TIERRAS	21.125,50 €
		TOTAL CAP. 3.- EQUIPOS ELÉCTRICOS	3.086.042,19 €
4.-		EMBARRADOS Y PIEZAS DE CONEXIÓN:	18.423,00 €
		TOTAL CAP. 4.- EMBARRADOS Y PIEZAS DE CONEXIÓN	18.423,00 €
5.-		CABLES DE 20 kV y ACCESORIOS:	
	5.1.	CABLES	15.076,50 €
	5.2.	TERMINACIONES Y ACCESORIOS	2.466,75 €
		TOTAL CAP. 5.- CABLES DE 20 KV Y ACCESORIOS	17.543,25 €
6.-		ESTUDIO GEOTÉCNICO, INGENIERÍA, PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO:	
	6.1.	ESTUDIO GEOTÉCNICO E INGENIERÍA	104.650,00 €
	6.2.	PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO	53.900,50 €
		TOTAL CAP. 6.- ESTUDIO GEOTÉCNICO, INGENIERÍA, PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO	158.550,50 €
7.-		VARIOS	3.220,00 €
		TOTAL CAP. 7.- VARIOS	3.220,00 €
TOTAL SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN 220/20 KV:			4.480.013,31 €



4. BIBLIOGRAFÍA



4. BIBLIOGRAFÍA

En la elaboración del proyecto se han tenido en cuenta los Reglamentos, Normas e Instrucciones Técnicas siguientes en su edición vigente:

- [1] R.D. 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones eléctricas.
- [2] Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de Puntos de Medida del sistema eléctrico.
- [3] Orden de 12 de abril de 1999 por la que se dictan las instrucciones técnicas complementarias al Reglamento de Puntos de Medida de los Consumos y Tránsitos de Energía Eléctrica.
- [4] Instrucciones y Normas compañía Suministradora-Distribuidora.
- [5] Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en Centrales Eléctricas y Centros de Transformación y sus Instrucciones Técnicas complementarias MIE-RAT.
- [6] Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, según R.D. 842/2002.
- [7] Instrucciones Técnicas complementarias ITC-BT.
- [8] Guía Técnica de Aplicación del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, editada por el Ministerio de Ciencia y Tecnología.
- [9] Reglamento de líneas aéreas.
- [10] Normas UNE-EN.

En la elaboración del proyecto se han tenido en cuenta los siguientes libros:

- Tecnología eléctrica – Autor: Rafael Guirado Torres – Editorial: Mc Graw Hill.
- Cálculo de instalaciones y sistemas eléctricos, proyectos a través de supuestos prácticos volumen 1 y 2 – Autor: Diego Carmona Fernández – Editorial: Abecedario.



SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN 220/20 KV PARA LA EVACUACIÓN DE ENERGÍA DE DOS PLANTAS TERMOSOLARES

Álvaro Barrios San José

- Estaciones de transformación y distribución, protección de sistemas eléctricos – Autor: Jose Ramírez Vazquez – Editorial: Ediciones Ceac.

En la elaboración del proyecto se han tenido en cuenta las siguientes páginas web de interés:

- Página Web: www.abb.es
- Página Web: www.imefy.com
- Página Web: www.tridelta.de
- Página Web: www.alstom.com
- Página Web: www.artecche.com



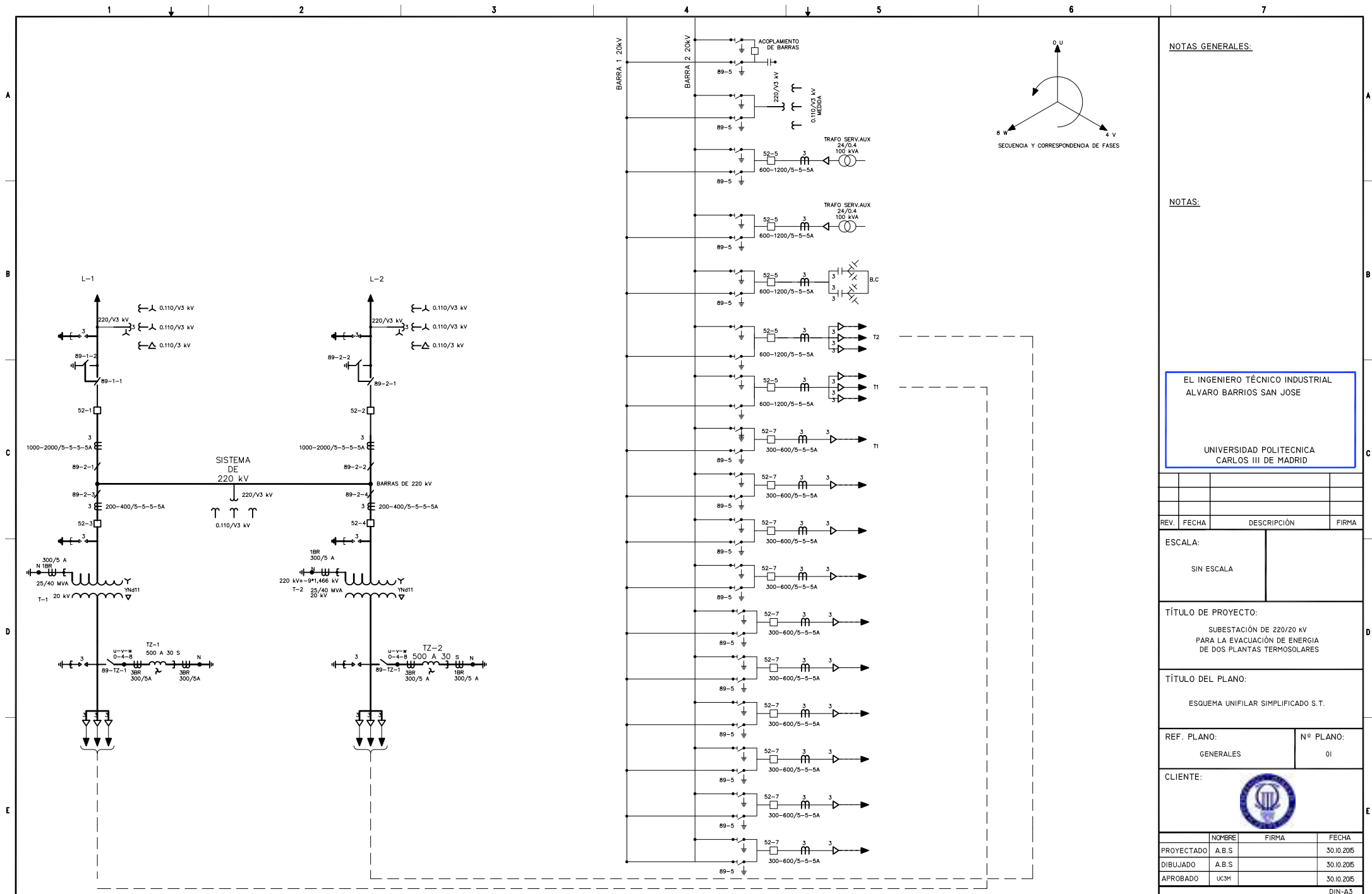
5. PLANOS



5. RESUMEN PLANOS

En la elaboración del proyecto se han tenido en cuenta los siguientes planos:

- Plano 1: Esquema unifilar simplificado subestación de transformación.
- Plano 2: Planta general de la subestación de transformación.
- Plano 3: Planta de distribución equipo eléctrico interior del edificio.
- Plano 4: Disposición general de red de tierras.
- Plano 5: Detalle edificio.
- Plano 6: Detalle de muro cortafuegos.
- Plano 7: Detalle de cimentaciones.
- Plano 8: Detalle de canalizaciones.
- Plano 9: Detalle drenajes.



NOTAS GENERALES:

NOTAS:

EL INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL
ALVARO BARRIOS SAN JOSE

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
CARLOS III DE MADRID

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	FIRMA

ESCALA:

SIN ESCALA

TÍTULO DE PROYECTO:

SUBESTACIÓN DE 220/20 kV
PARA LA EVACUACIÓN DE ENERGÍA
DE DOS PLANTAS TERMOSOLARES

TÍTULO DEL PLANO:

ESQUEMA UNIFILAR SIMPLIFICADO S.T.

REF. PLANO:

GENERALES

Nº PLANO:

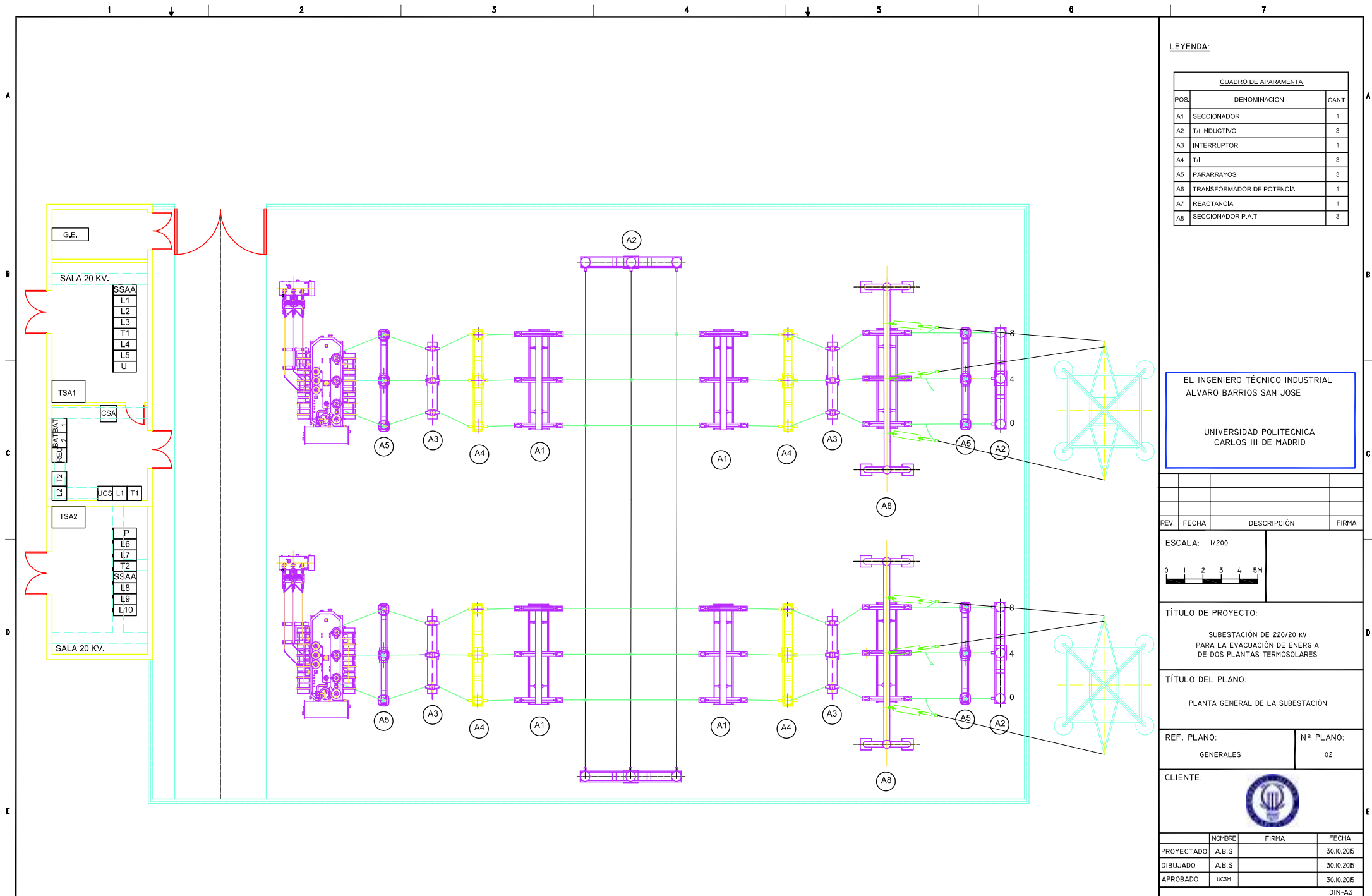
01

CLIENTE:



	NOMBRE	FIRMA	FECHA
PROYECTADO	A.B.S		30.10.2015
DIBUJADO	A.B.S		30.10.2015
APROBADO	UCM		30.10.2015

DIN-A3



LEYENDA:

CUADRO DE APARAMENTA		
POS.	DENOMINACION	CANT.
A1	SECCIONADOR	1
A2	T/I INDUCTIVO	3
A3	INTERRUPTOR	1
A4	T/I	3
A5	PARARRAYOS	3
A6	TRANSFORMADOR DE POTENCIA	1
A7	REACTANCIA	1
A8	SECCIONADOR P.A.T	3

EL INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL
ALVARO BARRIOS SAN JOSE

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
CARLOS III DE MADRID

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	FIRMA
------	-------	-------------	-------

ESCALA: 1/200



TÍTULO DE PROYECTO:

SUBESTACIÓN DE 220/20 kV
PARA LA EVACUACIÓN DE ENERGÍA
DE DOS PLANTAS TERMOSOLARES

TÍTULO DEL PLANO:

PLANTA GENERAL DE LA SUBESTACIÓN

REF. PLANO:

GENERALES

Nº PLANO:

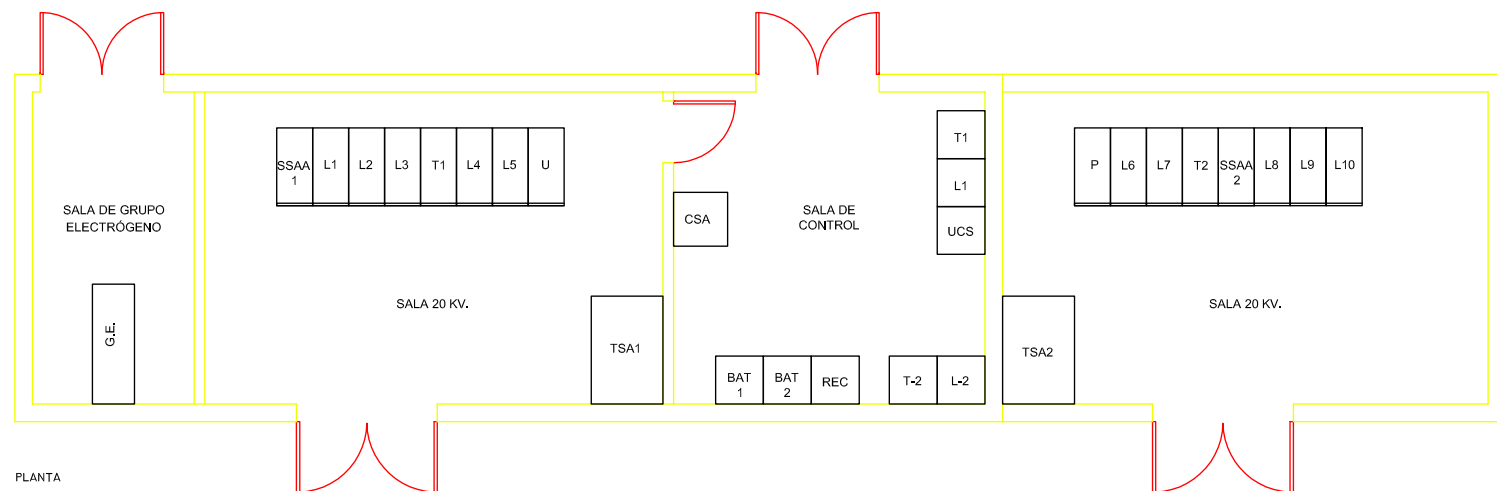
02

CLIENTE:



	NOMBRE	FIRMA	FECHA
PROYECTADO	A.B.S		30.10.2015
DIBUJADO	A.B.S		30.10.2015
APROBADO	UCM		30.10.2015

DIN-A3



PLANTA

LEYENDA:

LISTA DE EQUIPOS		
POS.	DENOMINACION	CANT.
T-2	ARMARIO PROTECCIÓN DE TRAF0 220 kV	1
L-2	ARMARIO PROTECCIÓN DE LÍNEA 220 kV	1
TSA2	TRANSFORMADOR DE SSAA 2	1
U	CELDA DE UNIÓN MÓDULO 1 20 kV	1
P	CELDA DE PARTICIÓN MÓDULO 2 20kV	1
L6	CELDA DE LÍNEA 6 20kV	1
L7	CELDA DE LÍNEA 7 20kV	1
T2	CELDA DE TRANSFORMADOR 2 20kV	1
SSAA2	CELDA DE SERVICIOS AUXILIARES 2 20kV	1
M2	MEDIDA MÓDULO 2 20kV	1

NOTAS:

- ESTÁN ENUMERADOS ÚNICAMENTE LOS EQUIPOS CORRESPONDIENTES A LA AMPLIACIÓN DE LA SUBESTACIÓN.

EL INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL
ALVARO BARRIOS SAN JOSE

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
CARLOS III DE MADRID

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	FIRMA

ESCALA: 1/100	
0 1 2M	

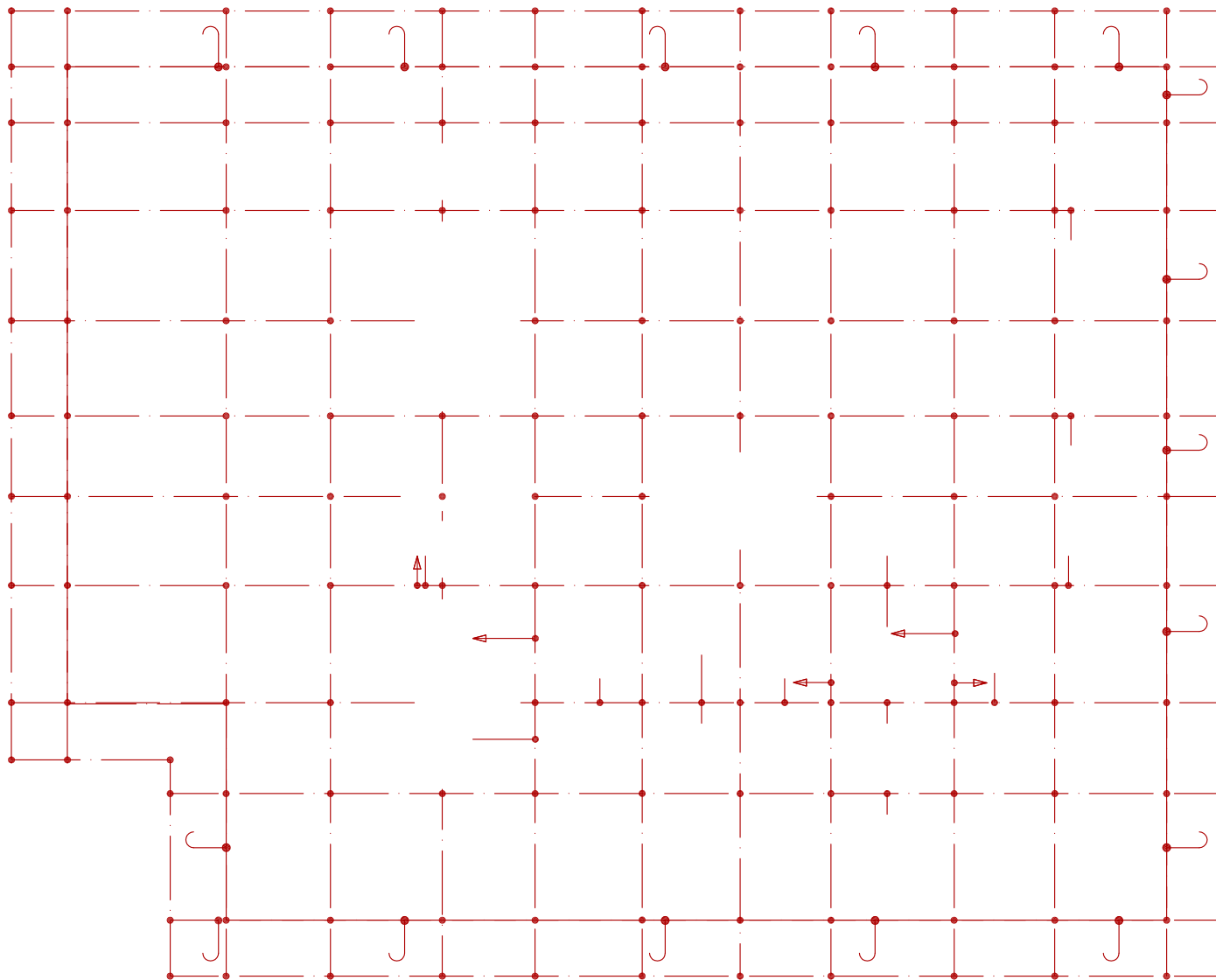
TÍTULO DE PROYECTO:
SUBESTACIÓN DE 220/20 kV PARA LA EVACUACIÓN DE ENERGÍA DE DOS PLANTAS TERMOSOLARES

TÍTULO DEL PLANO:
PLANTA DE DISTRIBUCIÓN EQUIPO ELÉCTRICO INTERIOR DE EDIFICIO

REF. PLANO:	Nº PLANO:
GENERALES	03

CLIENTE:

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
PROYECTADO	A.B.S		30.10.2015
DIBUJADO	A.B.S		30.10.2015
APROBADO	UC3M		30.10.2015
DIN-A3			



LEYENDA:

- — CONEXIÓN A BASE DE ESTRUCTURA (PROTECCIÓN)
- —> DERIVACIÓN DE SERVICIO.
- ⊕ SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA CADWELL

NOTAS:

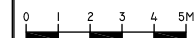
- EL CABLE DE MALLA DE PUESTA A TIERRA DEBERÁ IR ENTERRADO A 0,60 m POR DEBAJO DE LA COTA DE EXPLANACIÓN.
- EL CABLE DE LA MALLA DE TIERRA SERÁ DE COBRE DESNUDO Y DE 12,60 mm DE DIÁMETRO, EQUIVALENTE A UNA SECCIÓN DE 95 mm²
- SE COLOCARÁ UN CABLE PERIMETRAL A CADA LADO DEL CERRAMIENTO, A UNA DISTANCIA DE ESTE DE 1m.
- LOS NEUTROS DE T/I, T/T Y P.a T. SECCIONADORES SE UNIRÁN DIRECTAMENTE A LA MALLA GENERAL MEDIANTE SOLDADURA DEJANDO PREVISTO 8m DE CABLE EN LAS CONEXIONES MARCADAS CON EL SÍMBOLO (8m)

EL INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL
ALVARO BARRIOS SAN JOSE

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
CARLOS III DE MADRID

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	FIRMA
------	-------	-------------	-------

ESCALA: 1/200



TÍTULO DE PROYECTO:

SUBESTACIÓN DE 220/20 kV
PARA LA EVACUACIÓN DE ENERGÍA
DE DOS PLANTAS TERMOSOLARES

TÍTULO DEL PLANO:

DISPOSICIÓN GENERAL DE RED DE TIERRAS

REF. PLANO:

GENERALES

Nº PLANO:

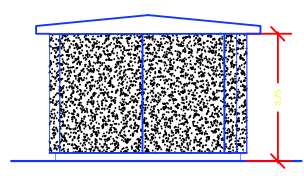
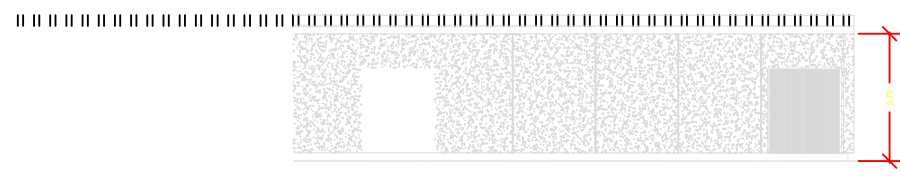
04

CLIENTE:

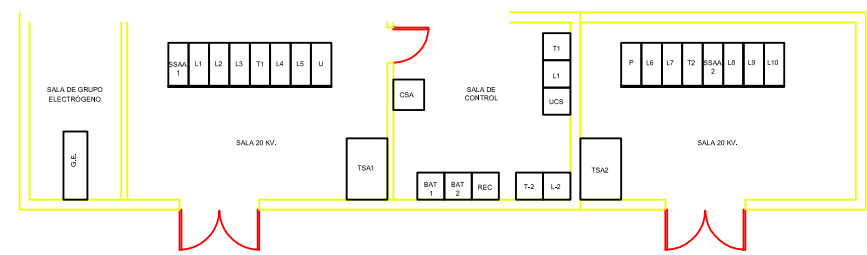
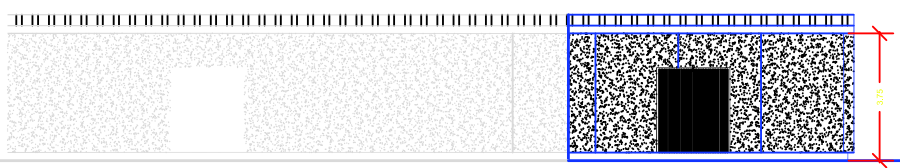
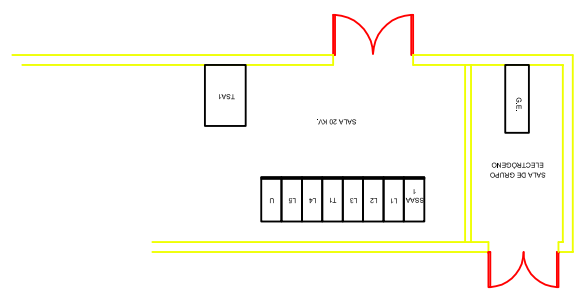


	NOMBRE	FIRMA	FECHA
PROYECTADO	A.B.S		30.10.2015
DIBUJADO	A.B.S		30.10.2015
APROBADO	UC3M		30.10.2015

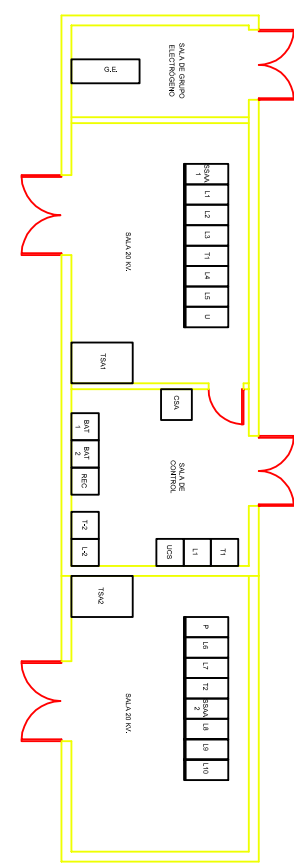
DIN-A3



ALZADO TRANSVERSAL C-C'



B-B'



C-C'

NOTAS GENERALES:

NOTAS:

EL INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL
ALVARO BARRIOS SAN JOSE

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
CARLOS III DE MADRID

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	FIRMA

ESCALA: 1/150

TÍTULO DE PROYECTO:
SUBESTACIÓN DE 220/20 kV
PARA LA EVACUACIÓN DE ENERGÍA
DE DOS PLANTAS TERMOSOLARES

TÍTULO DEL PLANO:
DETALLE EDIFICIO

REF. PLANO: GENERALES

Nº PLANO: 05

CLIENTE:

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
PROYECTADO	A.B.S		30.10.2015
DIBUJADO	A.B.S		30.10.2015
APROBADO	UC3M		30.10.2015

DIN-A3

1



2

3

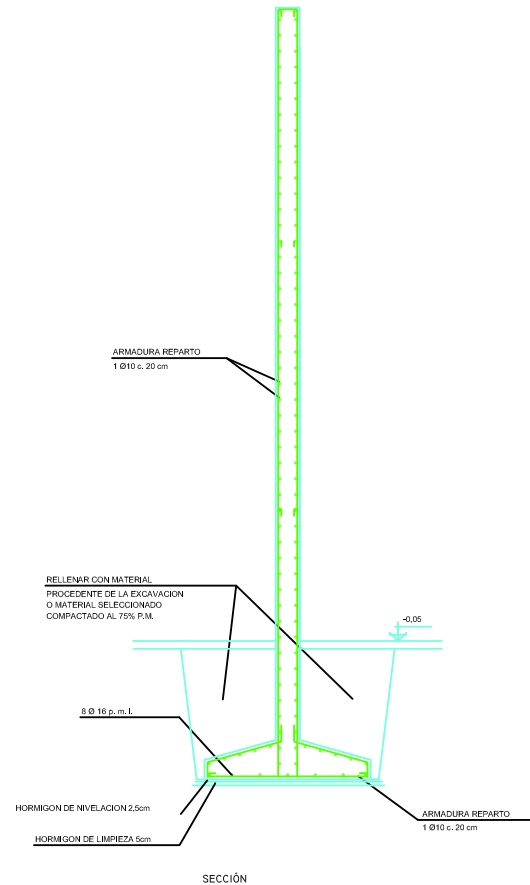
4



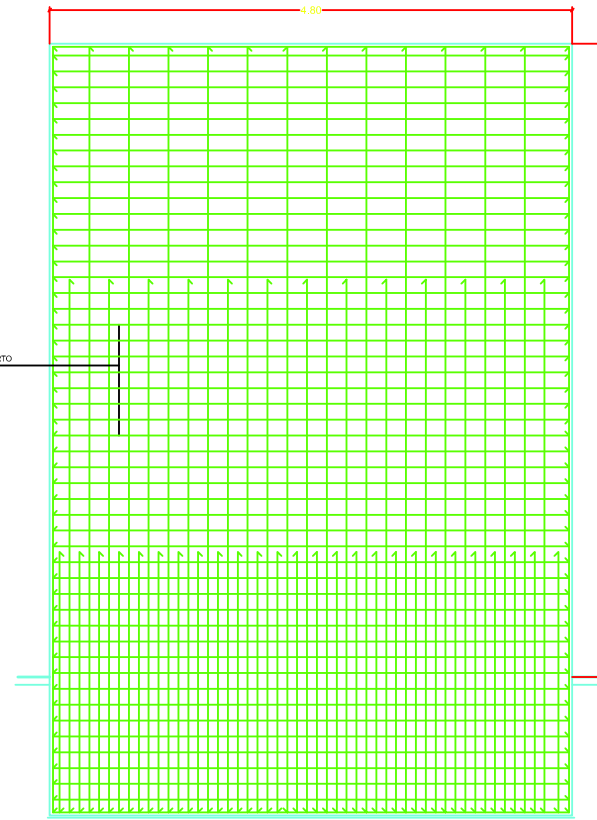
5

6

7



ARMADURA REPARTO
1 Ø10 c. 20 cm



CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES:

- HORMIGONES:
 - CIMENTOS Y ALZADOS HA-25/P/20/IIa
 - LIMPIEZA Y NIVELACION HM-10/P/40/IIa
- ACEROS:
 - PARA ARMADURAS PRINCIPALES Y REPARTO BARRAS CORRUGADAS B 400 S

NOTAS:

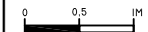
- COTAS Y ELEVACIONES EXPRESADAS EN METROS.
- LA SITUACION Y UBICACION EN PLANTA VIPL: 5.00.CH.0001

EL INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL
ALVARO BARRIOS SAN JOSE

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
CARLOS III DE MADRID

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	FIRMA

ESCALA: 1/50



TÍTULO DE PROYECTO:

SUBESTACIÓN DE 220/20 kV
PARA LA EVACUACIÓN DE ENERGÍA
DE DOS PLANTAS TERMOSOLARES

TÍTULO DEL PLANO:

DETALLE DE MURO CORTAFUEGOS

REF. PLANO:

GENERALES

Nº PLANO:

06

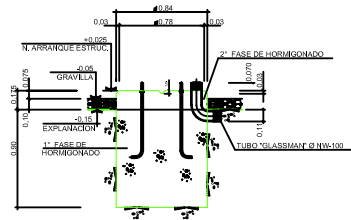
CLIENTE:



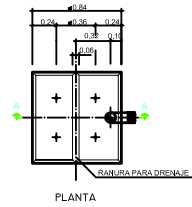
	NOMBRE	FIRMA	FECHA
PROYECTADO	A.B.S		30.10.2015
DIBUJADO	A.B.S		30.10.2015
APROBADO	UCM		30.10.2015

DIN-A3

CIMENTACIÓN TIPO 1

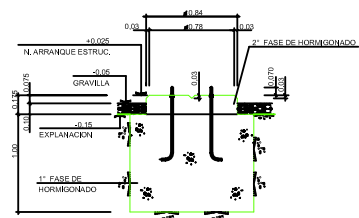


SECCIÓN A-A'

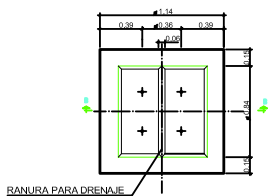


PLANTA

CIMENTACIÓN TIPO 2

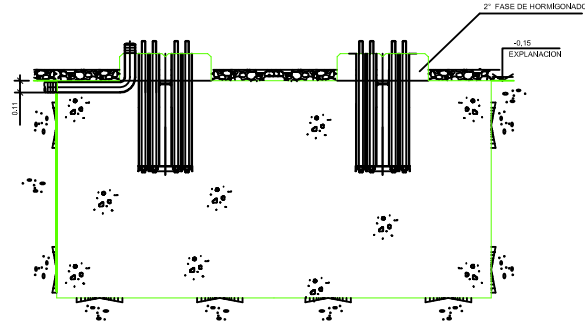


SECCIÓN B-B'



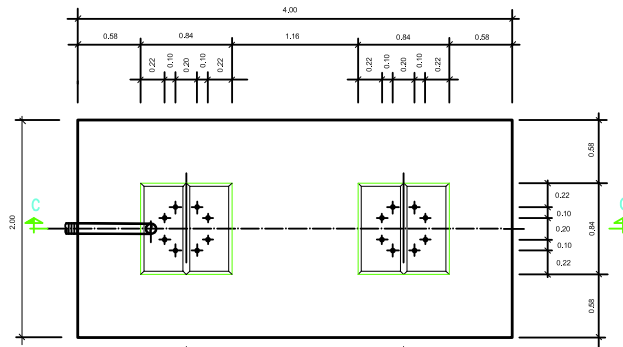
PLANTA

CIMENTACIÓN TIPO 3

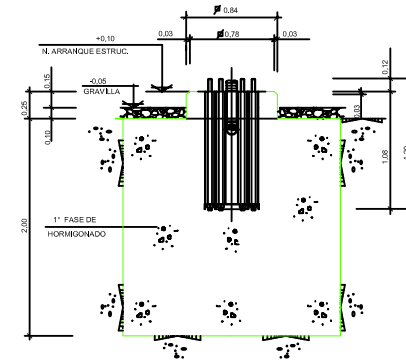


SECCIÓN C-C'

→ D



PLANTA



SECCIÓN D-D'

LEYENDA:

NOTAS:

1. LA 2ª FASE DE HORMIGONADO SE REALIZARÁ A DESPUÉS DE COLOCAR
2. HORMIGÓN TIPO H-200.

EL INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL
ALVARO BARRIOS SAN JOSE

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
CARLOS III DE MADRID

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	FIRMA
ESCALA: 1/50			
<div><div></div><div>0</div><div>0.5</div><div>1M</div></div>			
TÍTULO DE PROYECTO:			
SUBESTACIÓN DE 220/20 kV PARA LA EVACUACIÓN DE ENERGÍA DE DOS PLANTAS TERMOSOLARES			
TÍTULO DEL PLANO:			
DETALLE DE CIMENTACIONES			
REF. PLANO:		Nº PLANO:	
GENERALES		07	
CLIENTE:			
			
	NOMBRE	FIRMA	FECHA
PROYECTADO	A.B.S.		30.10.2015
DIBUJADO	A.B.S.		30.10.2015
APROBADO	UC3M		30.10.2015
DIN-A3			

1

2

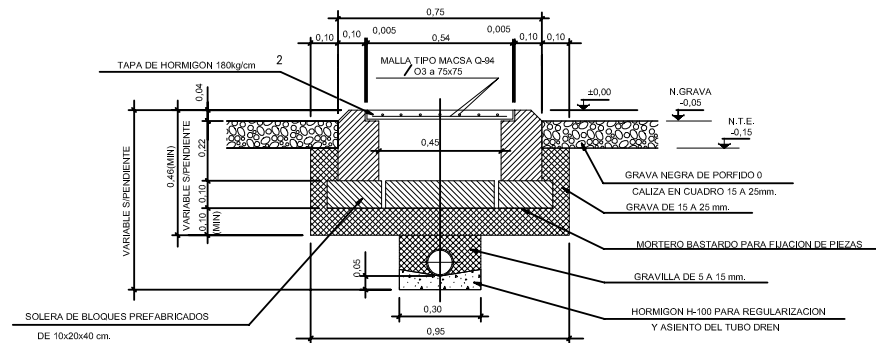
3

4

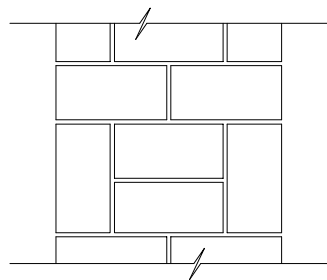
5

6

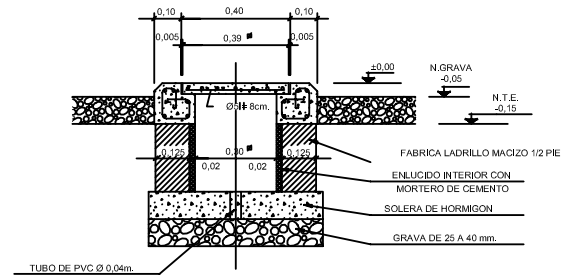
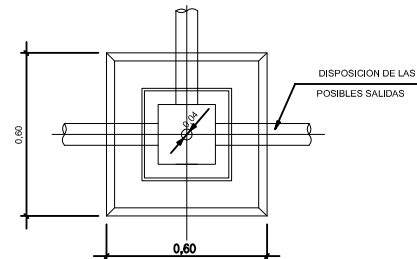
7



ZANJA DE CABLES SENCILLA



DISPOSICIÓN DE LOS BLOQUES DE SOLERA

ARQUETA PASO DE CABLES
SECCIÓN

PLANTA

LEYENDA:**NOTAS:**

1. MATERIALES SEGUN EHE:

- HORMIGON ARMADO; HA-20/P/D/16,
RECUBRIMIENTO 3cm.

- ARMADURA: ACERO B 400S

2. EL HORMIGONADO DE LA BANCADA DEL
TRANSFORMADOR, DEBE SER CONTINUO, SIN
PRODUCIR JUNTAS DE HORMIGONADO VERTICAL EN
LA CUBETA DE RECOGIDA DE ACEITE.EL INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL
ALVARO BARRIOS SAN JOSEUNIVERSIDAD POLITÉCNICA
CARLOS III DE MADRID

REV. FECHA DESCRIPCIÓN FIRMA

ESCALA: 1/20

0 25 50CM

TÍTULO DE PROYECTO:

SUBESTACIÓN DE 220/20 kV
PARA LA EVACUACIÓN DE ENERGÍA
DE DOS PLANTAS TERMOSOLARES

TÍTULO DEL PLANO:

DETALLE DE CANALIZACIONES

REF. PLANO:

GENERALES

Nº PLANO:

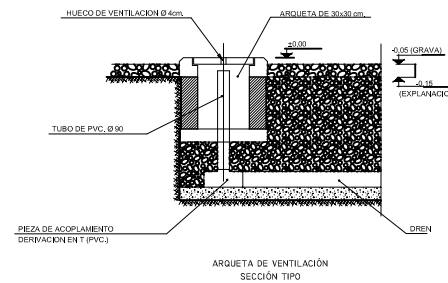
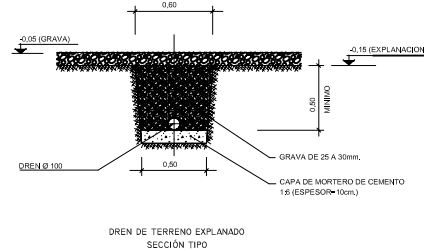
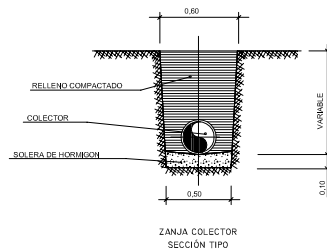
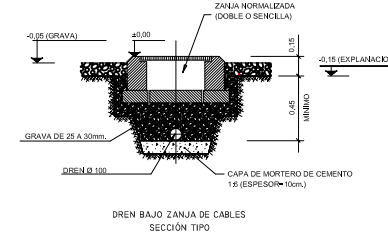
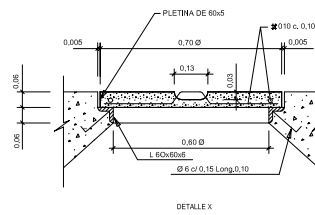
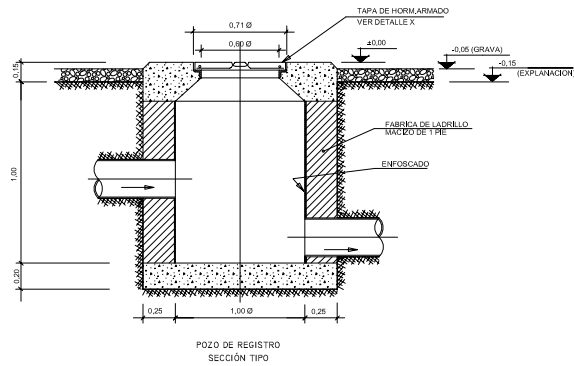
08

CLIENTE:



	NOMBRE	FIRMA	FECHA
PROYECTADO	A.B.S		30.10.2015
DIBUJADO	A.B.S		30.10.2015
APROBADO	UC3M		30.10.2015

DIN-A3



LEYENDA:

NOTAS:

- MATERIALES SEGUN EHE:
- HORMIGON ARMADO; HA-20/P/D/16;
RECUBRIMIENTO 3cm.
- ARMADURA; ACERO B 400S
- EL HORMIGONADO DE LA BANCADA DEL TRANSFORMADOR, DEBE SER CONTINUO, SIN PRODUCIR JUNTAS DE HORMIGONADO VERTICAL EN LA CUBETA DE RECOGIDA DE ACEITE.

EL INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL
ALVARO BARRIOS SAN JOSE

UNIVERSIDAD POLITECNICA
CARLOS III DE MADRID

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	FIRMA
ESCALA:			
SIN ESCALA			
TÍTULO DE PROYECTO:			
SUBESTACIÓN DE 220/20 kV PARA LA EVACUACIÓN DE ENERGÍA DE DOS PLANTAS TERMOSOLARES			
TÍTULO DEL PLANO:			
DETALLE DRENAJES			
REF. PLANO:		Nº PLANO:	
GENERALES		09	
CLIENTE:			
			
	NOMBRE	FIRMA	FECHA
PROYECTADO	A.B.S		30.10.2015
DIBUJADO	A.B.S		30.10.2015
APROBADO	UC3M		30.10.2015
DIN-A3			